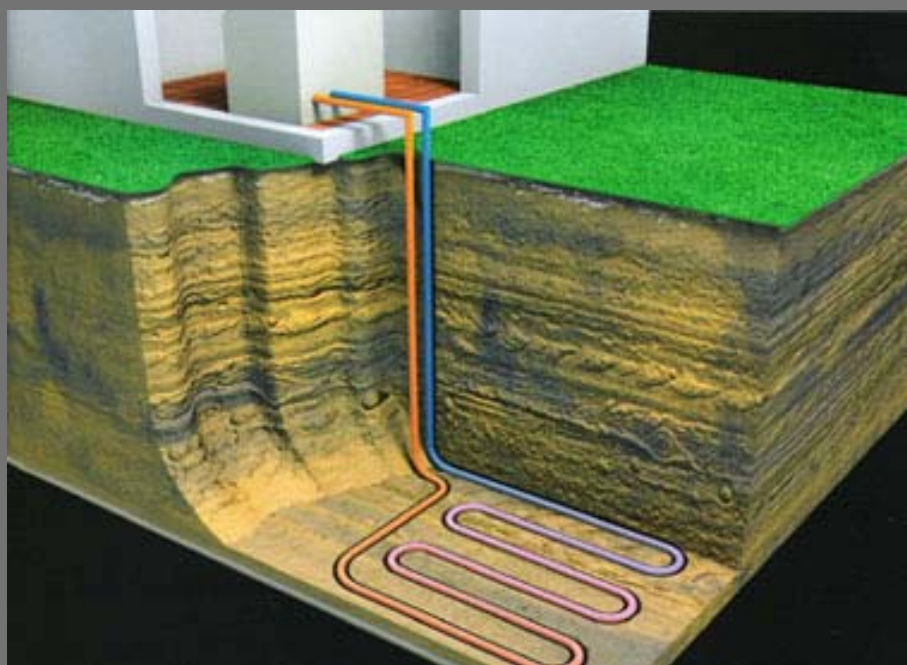


PROYECTO FIN DE CARRERA
Titulación: ARQUITECTURA TÉCNICA

UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMPARATIVA DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA E INGENIERIA DE EDIFICACIÓN.
Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Autor: Cristóbal José Giner Mora
Tutora: Gemma Vázquez Arenas

Año 2013





Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que me han apoyado tanto durante este tiempo. En primer lugar, y como no podía ser de otra forma, agradecer a mis padres por todo su apoyo y esfuerzo, en los momentos buenos como en los más difíciles, además de darme la oportunidad de estudiar en la universidad de Cartagena.

En segundo lugar, quisiera agradecer a Gemma Vázquez Arenas, mi directora de proyecto, por ayudarme a culminar la carrera de Arquitectura Técnica e iniciar la transición al mundo laboral, siguiente etapa de mi vida en la que podré afrontar nuevos retos.

En tercer lugar agradezco a Fernando Illán Gómez por enseñarme en el curso de Certificación de Eficiencia Energética en la Edificación promovido por la universidad de Cartagena los conocimientos necesarios para realizar parte de este proyecto.

Por último, pero no por ello menos importante, a mi novia y amigos que siempre han confiado en mí, por su apoyo y amistad que siempre te fortalecen en los momentos más difíciles, así como a todos los profesores me han encaminado hacia este momento durante toda mi vida.

Gracias a todos.



INDICE

	Pag.
Objetivos	9
Capítulo 1 Introducción	13
Capítulo 2 Análisis de la energía y la Edificación	19
2.1. Ámbito internacional	22
2.2. Análisis Energético en Europa	23
2.3. Análisis energético del sector residencial en España	24
2.4. Análisis de la energía renovable en España	31
2.5. Panorama actual de la energía geotérmica en el mundo	34
2.6. Ahorro energético	38
Capitulo 3 Geoterminia	43
3.1. La propagación de calor en la tierra	47
3.2. Antecedentes históricos	48
3.3. Concepto de geoterminia	54
3.3.1. Energía geotérmica en función de la temperatura	56
3.3.2. Usos de la energía geotérmica	60
3.3.3. Ventajas e inconvenientes	63
Capitulo 4 Instalación geotérmica de baja temperatura	67
4.1. Proceso de diseño del sistema	69
4.2. Características y conductividad del terreno	71
4.2.1. Temperatura de la Tierra	72
4.2.2. Conductividad térmica	74
4.3. Consolidación del pozo	79
4.4. Colocación y prueba del tubo de polietileno	80
4.5. Bomba de calor	83
4.5.1. Bomba de calor geotérmica	86
4.6. Sistemas de captación	91
4.6.1. Sistemas abiertos	91



4.6.2. Sistemas cerrados	93
4.6.2.1. Sistema intercambiador cerrado horizontal	94
4.6.2.2. Sistema intercambiador cerrado vertical	96
4.6.3. Material de relleno y sellado	101
4.6.4. Conexiones y accesorios	102
4.7. Cimentación termoactiva	104
Capítulo 5 Proyecto de instalación geotérmica de baja tª en vivienda	109
5.1. Proyecto de bomba de calor geotérmica de baja temperatura	111
5.2. Descripción de la vivienda	112
5.3. Cálculo de cargas térmicas	117
5.4. Instalación geotérmica de baja temperatura	127
5.4.1. Descripción de elementos	129
5.4.2. Justificación del cumplimiento y resultados térmicos de la instalación en la vivienda unifamiliar	136
5.4.2.1. Justificación de cumplimiento de las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE	136
5.4.2.2. Características técnicas mínimas de los equipos y materiales, de sus condiciones de suministro y ejecución, de las garantías de calidad y del control de recepción de la obra.	142
5.4.2.3. Manual de Uso y Mantenimiento" con instrucciones de seguridad, manejo maniobra, y programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada de acuerdo con la IT 3	142
5.5. Cálculos justificativos de la instalación de energía geotérmica en vivienda	143
5.5.1. Condiciones interiores de cálculo según IT01	143
5.5.2. Condiciones ambientales exteriores	144
5.5.3. Cálculo del circuito hidráulico y bombas	144
5.5.3.1. Cálculo de las tuberías	144
5.5.3.2. Cálculo de los espesores del aislamiento en superficie de sección circular.	149
5.5.3.3. Cálculo de la bomba de circulación	151
5.5.3.4. Cálculo del volumen del depósito de inercia	151
5.5.3.5. Cálculos del vaso de expansión	152



5.5.4 Cálculo de la longitud de perforación del sistema geotérmico.	153
5.5.4.1. Hipótesis de partida	153
5.5.4.2. Resultados obtenidos de la longitud de perforación mediante EED	155
5.6. Justificación de cumplimiento de ahorro energético (HE-1)	159
5.6.1. Bases de datos	160
5.6.1.1. Composición de cerramientos de vivienda	161
5.6.1.2. Opciones constructivas del proyecto en LIDER	171
5.6.2. Cálculo de las renovaciones de aire de la vivienda	173
5.6.3. Geometría del edificio	175
5.6.4. Introducción de datos para modelar la vivienda en 3D	176
5.6.5. Cálculo y resultados obtenidos en LIDER	207
5.7. Certificación energética y comparativa con otros sistemas	209
5.7.1. Calificación energética de la vivienda unifamiliar	209
5.7.1.1. Caso 1. Sistema de ACS	211
5.7.1.2. Caso 2. Sistema mixto de calefacción y ACS	218
5.7.1.3. Caso 3. Sistema mixto de calefacción y ACS con bomba de calor geotérmica	224
5.7.2. Comparativa entre los tres sistemas estudiados	233
5.8. Mediciones y Presupuesto	236
5.9. Estudio básico de seguridad y salud	240
5.9.1. Metodología de la evaluación	240
5.9.2. Documentación	240
5.9.3. Ficha de evaluación	243
5.9.4. Vigilancia de la salud de los trabajadores	244
5.9.4.1. Protección a menores	244
5.9.4.2. Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales	245
5.9.4.3. Investigación de accidentes	246
5.9.4.4. Ropa de trabajo y equipos de protección individual	248
5.9.4.5. Registro de equipos de protección individual	248
5.9.5. Disposiciones internas de seguridad	249
5.9.6. Prevención de ruidos y vibraciones	256
5.9.7. Protección del medio ambiente	257
5.9.8. Posibles afecciones al medio ambiente. Medidas preventivas, correctoras o	257



	compensatorias.	
	5.9.9. Vigilancia y seguimiento ambiental	261
5.10	Tramitaciones para realizar un proyecto geotérmico en España.	261
5.10.1.	Autorizaciones administrativas para instalaciones geotérmicas de baja entalpia.	261
5.10.2.	Esquema de tramitación administrativa.	263
5.10.3.	Directrices para la redacción de un proyecto desde el punto de vista de seguridad minera para el aprovechamiento de la energía geotérmica de baja temperatura o entalpia.	264
5.10.4.	Directrices para la redacción de la memoria resumen a presentar para el estudio caso por caso de los efectos ambientales.	266
5.10.5.	Modelo de ficha resumen.	267
Conclusiones		269
Bibliografía		273
Anexos		277
Anexo 1	Terminología y abreviaturas	279
Anexo 2	Normativa	285
Anexo 3	Planos	293
Anexo 4	Guía de entrada de datos en LIDER	295
Anexo 5	Guía de entrada de datos en CALENER VyP	335
Anexo 6	Certificados de calificación energética obtenidos con CALENER VyP	393

OBJETIVOS

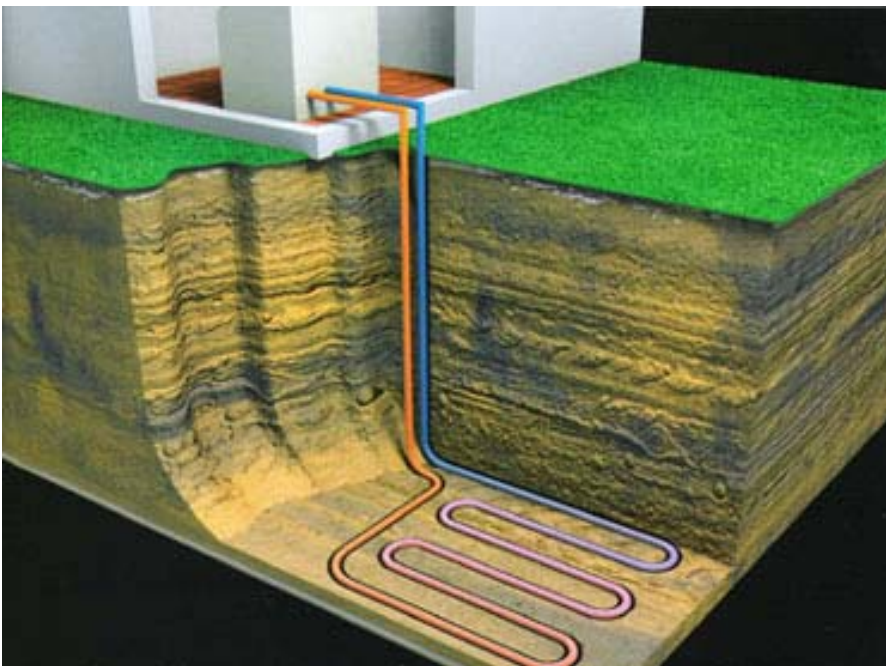




Los objetivos planteados para este proyecto fin de carrera han sido los que se van a definir a continuación:

1. Presentar un resumen de la situación energética española en el sector de la construcción o residencial.
2. Plantear la utilización de la energía renovable geotérmica de baja temperatura como solución posible y accesible.
3. Estudiar la certificación energética de una vivienda unifamiliar, la cual tiene un diseño constructivo básico y sin un exceso de costes, cumpliendo básicamente con la limitación de la demanda energética HE-1.
4. Estudiar las mejoras producidas por la aportación de la energía geotérmica en la eficiencia energética de la vivienda.
5. Realizar la comparativa de diferentes instalaciones de calefacción a partir de diferentes energías primarias, para la vivienda anterior y obtención de las certificaciones energéticas.
6. Realización de 2 guías de introducción de datos para los programas informáticos reconocidos LIDER y CALENER VyP. Indicando las modificaciones que se han de añadir para poder incorporar los datos de una instalación geotérmica.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN





Las razones por las que se ha decidido realizar este proyecto son diversas y entre ellas se debe destacar la importancia de mejorar la eficiencia energética en los edificios en los que vivimos y trabajamos para ayudar al desarrollo sostenible utilizando energías renovables, y en particular la energía geotérmica además de la energía solar que obliga el código técnico. Además de lo anterior se estudiará cuáles son los medios utilizados para obtención de la calificación de eficiencia energética de edificios mediante los procedimientos reconocidos.

Todas las personas, en su vida diaria, son usuarios de más de un edificio. Empezamos por nuestra propia residencia y el lugar de trabajo, pero también somos usuarios de otros edificios, como los que prestan servicios docentes, sanitarios, culturales, etc. En cada uno de ellos para atender distintas necesidades como la calefacción, refrigeración, disponibilidad de agua caliente sanitaria, ventilación, iluminación, cocción, lavado, conservación de los alimentos, ofimática, etc., se consume energía. La suma de toda esta energía representa en España en torno al 20% del consumo de energía final.

Ahora bien, todos sabemos que la gran parte de energía que se produce en España se genera mediante carbón y productos petrolíferos, elementos que son contaminantes y perecederos. Gastando las reservas de nuestro planeta pudiendo obtener esa misma energía con otros medios no contaminantes e inagotables, las cuales se definen como energías renovables.

Enfocando dicha energía a nuestro ámbito de aplicación que es la edificación podemos decir que la demanda de energía en los edificios depende de muchas variables. Pero se puede afirmar que el mayor gasto se debe a la climatización (calefacción y refrigeración) con un porcentaje sobre el consumo total del orden del 42%, seguido del consumo para producir agua caliente, con el 26%, funcionamiento de electrodomésticos y cocinas con el 23%, y la iluminación con el 9%.

Centrándonos aún más en el tema de este proyecto, la eficiencia energética en edificios, además de introducir energías renovables debemos hacer hincapié en la envolvente del edificio, “en la piel del edificio”. Más del 50% del consumo energético de una vivienda está ligado a una adecuada protección térmica de su envolvente, mejorando el aislamiento térmico de fachadas y cubiertas así como de las ventanas reduciéndose significativamente los índices de intensidad energética. Otro punto a tener en cuenta son las instalaciones interiores susceptibles de mejora energética:



- Instalaciones de calefacción individuales o comunitarias, sustituyendo las calderas actuales por otras más eficientes como son las de baja temperatura o de condensación y con combustibles menos contaminantes, como por ejemplo el gas natural.
- Instalaciones de iluminación más eficientes, con lámparas de bajo consumo, detectores de presencia, reguladores de flujo.
- Instalaciones con materiales innovadores con menos pérdidas energéticas.
- Ascensores con accionamientos e iluminación más eficientes
- Instalación de paneles solares térmicos para producción de ACS, instalaciones geotérmicas para ACS y para calefacción y refrigeración, instalaciones fotovoltaicas...

Hace unos años la rehabilitación de un edificio solía estar asociada a una necesidad puntual por algún problema: reparación de goteras y humedades, un lavado de cara de la fachada del edificio, sustitución de las ventanas, cambio de tuberías de agua caliente, etc.

En todos estos casos, ya que se va a afrontar un coste determinado, se puede, además, incorporar aislamiento térmico en las cubiertas y muros, colocar ventanas más eficientes, aislar térmicamente las tuberías, etc. Estas medidas suponen un extra-coste mínimo y conllevarán unos ahorros energéticos muy importantes durante muchos años.

Las razones por las que ahora es necesario que nuestros edificios obtengan un certificado energético son las siguientes:

- La primera ha sido por el aumento descontrolado en el sector de la construcción de los últimos años en los cuales se ha dado lugar a edificios sin ningún criterio de eficiencia energética ni con una adecuada protección térmica. Esto permite afirmar que más de la mitad de los edificios pueden considerarse auténticos depredadores de energía.
- La segunda razón se debe a que los ciudadanos cada día más demandan un grado de confort térmico. Esto requiere reforzar la calefacción en invierno y la refrigeración en verano, en ambos casos significa consumir más energía de la que consumíamos hace unos años ya que el país ha sufrido un gran desarrollo en todas sus tecnologías.

Conscientes de la necesidad de reducir el consumo energético de los edificios se aprueba el código técnico de la edificación y lo más reciente del Real Decreto 235/2013, de 5 de Abril de 2013, por el que se aprueba la Certificación Eficiencia Energética de Edificios.



Los ciudadanos tenemos que concienciarnos de que tenemos que proteger nuestros recursos, ahora y cada día más la tecnología y la investigación nos ayudan a mantener nuestro confort y nuestro nivel de vida consumiendo energías renovables e inagotables.

CAPITULO 2: ANÁLISIS DE LA ENERGÍA Y LA EDIFICACIÓN

SOMOS LOS ÚLTIMOS





La edificación nace como cobijo del ser humano frente a condiciones ambientales adversas. Los primeros cobijos de los que se tiene constancia se basan en la idea de protección frente a las condiciones exteriores.

A lo largo de la historia la comodidad perseguida en el interior de los edificios va evolucionando en función de diferentes factores, siendo la facilidad para obtener combustible con el cual calentarse uno de los más significativos.

En este sentido, la Revolución Industrial significa un gran cambio en los modelos de edificación y de asentamientos humanos, ya que la energía y el transporte pasan a actuar como motores del crecimiento. Las ciudades aumentan en tamaño y número, mientras que la energía para su abastecimiento procede cada vez de lugares más lejanos.

En la actualidad, el concepto de cobijo incluye condiciones ambientales interiores adecuadas para la actividad humana prevista (temperatura, humedad del aire y ausencia de sustancias en el aire que puedan dañar la salud humana), además de incorporar equipamientos consumidores de energía dedicados a diferentes funciones: producción de alimentos, conservación de los mismos, lavado, conservación, entretenimiento, producción...

Dada la diversidad de localizaciones y características de la edificación, los patrones de consumo energético varían en función de las condiciones ambientales exteriores, el tipo de actividad, el nivel de desarrollo tecnológico y la economía.

Además, las variaciones en los parámetros de confort de las diferentes culturas y estamentos sociales así como el nivel adquisitivo de los ocupantes inciden sensiblemente en el consumo. En sociedades con bajo nivel de desarrollo y bajo Producto Interior Bruto (PIB), en muchos de los hogares los consumos energéticos continúan limitándose a la producción de alimentos, mientras que en sociedades más desarrolladas incluyen el confort higrotérmico y los aparatos electrónicos.

Ejemplo: *El consumo de energía en los Estados Unidos es de 11,4 kW por persona, mientras que en Bangladesh (el país con menor consumo per-cápita) sólo llega a 0,2 kW por persona, 57 veces menos.*



Esta evolución en los patrones de confort hace que la edificación o “parque edificatorio” existente necesite ajustes y modificaciones para adaptarse a los nuevos requerimientos energéticos.

Por lo tanto, es necesario el mantenimiento y rehabilitación del parque edificatorio existente pudiendo tener una gran importancia en la reducción del consumo.

2.1. ÁMBITO INTERNACIONAL

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), la eficiencia energética es el principal instrumento para frenar las emisiones de CO₂. La aplicación de medidas de eficiencia energética en edificios, industria y transporte generalmente acarrearán costes significativos a corto plazo, al tiempo que los beneficios de las inversiones se recuperan a largo plazo. Sin embargo, el ahorro en el coste del combustible durante toda la vida útil compensa el gasto en inversión.

La Convención Marco del Cambio Climático de las Naciones Unidas adoptó, a finales del año 1997, el Protocolo de Kioto, por el cual los países industrializados y de economías en transición, se comprometieron a limitar las emisiones de los seis gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆) entre 1990 y el período 2008-2012. Entre los compromisos de reducción de emisiones más relevantes podemos citar: la Unión Europea -8%, Estados Unidos -7%, Japón -6%, Rusia 0%, Australia +8%, etc.

En diciembre de 2009 se celebró en Copenhague la reunión de la Decimoquinta Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (COP15) y la Quinta reunión de la Conferencia del Protocolo de Kioto (COP/MOP 5) así como los Órganos Subsidiarios de Ejecución (SBI) y de Asesoramiento Científico y Tecnológico SBSTA. El resultado obtenido quedó por debajo de las expectativas, sin embargo, dicha reunión fue un paso hacia el objetivo de conseguir abordar de manera eficaz la lucha contra el cambio climático a escala global. El Acuerdo de Copenhague no tiene carácter vinculante y deja cuestiones abiertas desde una perspectiva jurídica, pero incorpora compromisos de reducción de emisiones de la mayoría de los países y, en particular, por parte de los grandes emisores de gases de efecto invernadero, incluyendo las economías emergentes que estaban fuera de los compromisos de Kioto.

En Copenhague se alcanzó un acuerdo político respaldado por la mayoría de las Partes teniendo unos objetivos concretos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el medio y largo plazo.

Como aspectos más relevantes de la Conferencia internacional sobre el cambio climático se pueden mencionar los siguientes:

- Por primera vez se reconoce la necesidad de establecer acciones que permitan que la temperatura de la Tierra no aumente más de 2°C.



- Se establece que los países desarrollados deben indicar su compromiso de reducción de emisiones y que los países en vías de desarrollo deben asumir un compromiso de reducción de emisiones.
- Se fijan cifras concretas en materia de financiación, 30.000 millones de dólares para acciones inmediatas de aquí al 2012 y 100.000 millones de dólares anuales en el año 2020.
- Se incorpora el concepto de cooperación multilateral, cooperación tecnológica y se pone en valor la importancia de preservar los bosques nativos.
- Finalmente, el Acuerdo establece un sistema transparente de medición, información y verificación para las acciones de los países en desarrollo.

2.2. ANÁLISIS ENERGÉTICO EN EUROPA

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) las energías fósiles continúan manteniendo un papel predominante. Se prevé que pueden suponer más de dos tercios del incremento total de la energía primaria entre el 2007 y el 2030. En términos absolutos, el carbón supondrá el mayor incremento, seguido del gas y el petróleo. No obstante, el petróleo será el componente más destacado, pero su peso irá descendiendo paulatinamente desde el 34% actual hasta el 30% en el 2030.

Debido a la crisis, las inversiones del sector energético han sufrido un brusco descenso este año a causa de las restricciones de liquidez en los mercados de capitales y a las expectativas a la baja en la demanda de energía. El descenso en las inversiones se ha notado en todos los eslabones de la cadena productiva. Las compañías energéticas han reducido sus inversiones en yacimientos de petróleo y gas, y adicionalmente han recortado sus inversiones en refino, redes y demás infraestructuras. Por su parte, las empresas no energéticas y el sector residencial y de servicios invierten menos en mejorar la eficiencia energética, tanto para equipamiento como para vehículos, a pesar de que las ventajas de estas inversiones serían notables a largo plazo.

El descenso de las inversiones y sus efectos para la seguridad energética, el cambio climático y la pobreza, variarán en función de la reacción de los gobiernos.

Los gobiernos deben tomar conciencia del potencial de las energías renovables. Los elevados precios de los combustibles fósiles y la creciente preocupación de los estados por el cambio climático y la seguridad energética están impulsando los programas públicos de energías renovables en muchas partes del mundo. La capacidad de producción eléctrica de las energías renovables (incluyendo la hidráulica) está prevista incrementarse desde los 3577 TWh en 2007 a 7640 TWh a 2030. De esta forma, se estima que el porcentaje de las renovables alcanzará el 22% de la producción eléctrica en el 2030, desde el 18% en el 2007. En el proceso de



desarrollo de las renovables, el sector público ocupa un papel fundamental. Las energías renovables exigen una base legal compleja, y por tanto, acarrear, en muchas ocasiones, reformas legislativas importantes, y también un sistema de incentivos para hacerlas atractivas frente a los combustibles fósiles. No obstante, las dificultades financieras que atraviesan en la actualidad casi todos los países frenan los incentivos públicos al desarrollo de las energías renovables. En cualquier caso, la eólica y la solar se establecen, a día de hoy, como las principales alternativas.

La descarbonización del sector eléctrico desempeña asimismo un papel primordial en la reducción de emisiones, principalmente a través de la transformación en la estructura de combustibles y tecnologías empleados en la producción eléctrica

Por lo tanto el objetivo de la Unión Europea es la optimización del consumo de la energía y la reducción del uso de fuentes de energía no renovable. Hay varios motivos por los que debemos cambiar nuestro suministro de energía y uno de los más importantes es el medioambiental que cada vez se va degradando aun más a causa de los gases contaminantes que esparcimos todos los días a la atmosfera. Y por otro lado, está el motivo económico ya que en particular España depende excesivamente del petróleo.

Existe un fuerte impulso, por parte de la comisión Europea de Energía, para reducir la factura energética. Este fuerte impulso se centra entre otros, en la mejora de la eficiencia energética de los edificios existentes.

El compromiso que tiene Europa antes del 2020 es:

- Reducir un 20% el consumo de energías.
- Implementar en un 20% las energías renovables.
- Reducir las emisiones en un 20%

2.3. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL EN ESPAÑA

El sector residencial es un sector clave en el contexto energético actual, debido a las necesidades energéticas que tiene España actualmente.

Diversos factores explican la tendencia al alza de los consumos energéticos, tales como el incremento del número de hogares, el mayor confort y el aumento de equipamiento.

A causa de la ampliación del poder adquisitivo y una mejora del nivel de vida. Este aumento se refleja en la figura 1 en la que se puede observar el incremento de emisiones de CO₂ en el sector residencial desde el año 1990 hasta 2007.

En España hay 25.129.207 viviendas construidas de las cuales el 67% de estas viviendas son viviendas de primera ocupación y un 33% son segundas residencias.

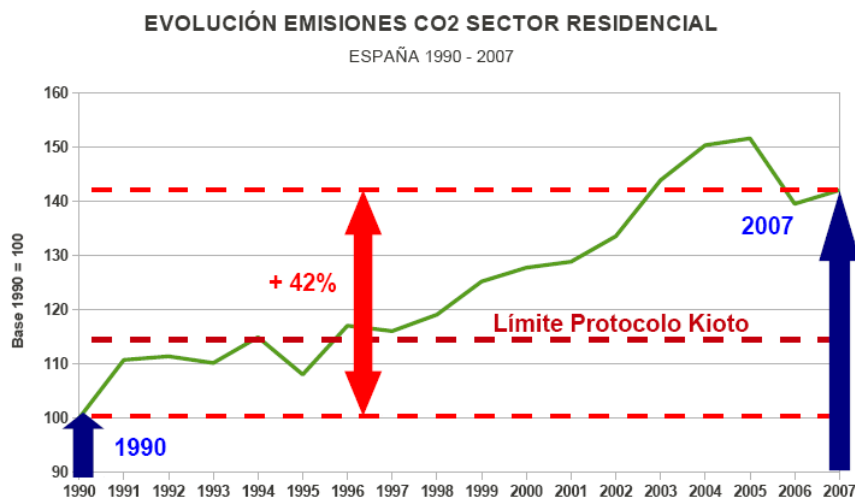


Figura: 1 Evolución emisiones co₂

(Fuente: Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020. IDAE).

Las fuentes de energía que más se consumen en España son muy contaminantes y perecederas. Hoy en día el gas ocupa un papel vital en casi todas las políticas públicas ya que es un tipo de energía que tiene tendencia alcista, estas reservas de gas son abundantes pero requieren una mayor movilización de recursos. El coste para obtener esos recursos irá en aumento a medida que haya que acudir a yacimientos más profundos y remotos.

España tiene un retraso de un 25% con respecto a Europa en aspectos de la eficiencia energética, de modo que el 80% de la energía consumida en España es de importación.

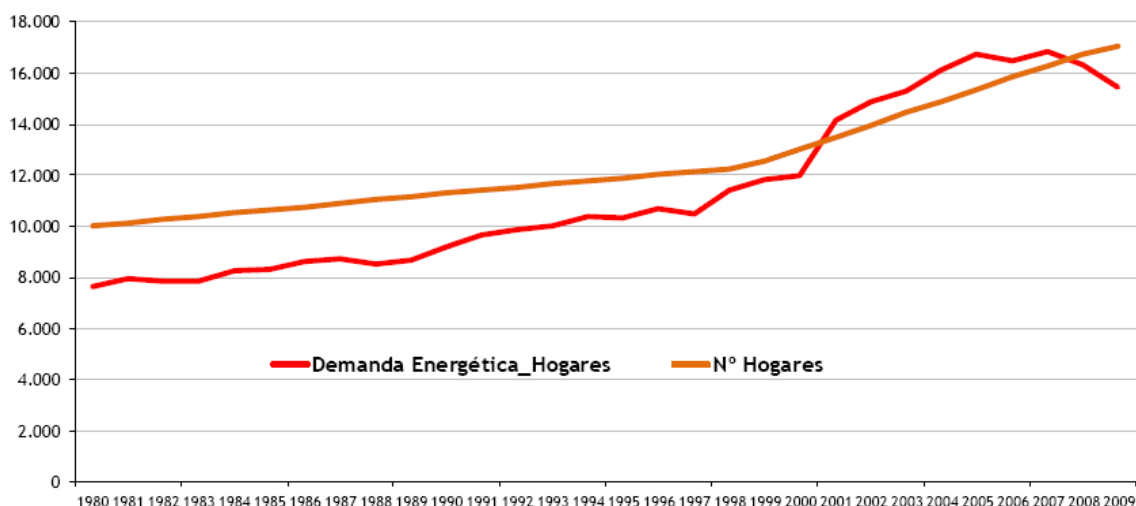
Una de las medidas adoptadas para mejorar dichos aspectos de eficiencia energética es el Pacto de los Alcaldes el cual se basa en el 20/20/20. Es una respuesta de las ciudades más comprometidas con la lucha contra el calentamiento de la Tierra, de forma que las ciudades adheridas se comprometen a (entre otras cosas):

- Reducir un 20% las emisiones en 2020.
- Elaborar un inventario de emisiones de referencia para el año base.
- Elaborar un plan de acción de energía sostenible en el que se especifican las medidas que el municipio pondrá en marcha para lograr en 2020, la reducción de emisiones de CO₂.
- Aumentar un 20% las energías renovables (EERR) en su municipio.

Los significativos impactos asociados a la satisfacción de las necesidades energéticas, del sector residencial en términos de dependencia energética, obligan a una adecuada planificación energética que en España descansa en tres grandes pilares:

- La Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas,
- La Planificación de Ahorro y Eficiencia Energética
- Los Planes de Energías Renovables.

Tendencias del Consumo Energético (ktep) del Sector Residencial en España



*Figura: 2 Tendencias del consumo energético
 (Fuente: IDAE)*

Actualmente, hay dos importantes planificaciones que constituyen el marco de referencia con el que se pretende dar respuesta a la problemática energética y medioambiental: la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética, 2004-2012 (E4), implementada a través de los Planes de Acción, de horizontes 2008-2012, y el Plan de Energías Renovables, 2005-2010. Con ellas se pretende facilitar la transición a un modelo energético más sostenible y diversificado, en el que las fuentes de energías autóctonas y renovables tengan un mayor protagonismo en la cobertura de una demanda energética, más moderada, gracias a las aplicaciones de medidas y actuaciones de ahorro y eficiencia energética.

Dentro de estos planes el sector residencial y sus edificios reciben una especial atención, según se desprende del incremento presupuestario del Plan de Acción, 2008-2012.

A su vez, este último Plan se corresponde con el primer Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (NEEAP) requerido por la Directiva 2006/32/EC sobre Eficiencia en el Uso Final de la Energía y los Servicios Energéticos, habiendo fijado unos objetivos de ahorro anual incluso más ambiciosos, del 2%, frente al 1% establecido por la citada Directiva.

En la actualidad, en conformidad a la Directiva antes citada se encuentra en proceso de elaboración el segundo Plan Nacional (NEEAP) El Plan de Acción, 2008-2020, el



cual sentará las bases de la política futura en el ámbito de la eficiencia energética nacional.

Este marco político se reforzará con el nuevo Plan de Energías Renovables, 2011-2020, igualmente en desarrollo, mejorando la asociación entre los dos ejes clave de la política energética en la oferta y demanda energética: energías renovables y eficiencia energética, lo que facilitará la consecución de un modelo energético más eficaz y sostenible.

Las políticas nacionales como el Plan de Acción UE de la Eficiencia Energética, y el paquete legislativo comunitario de Energía y Cambio Climático. Estas políticas coinciden en destacar el papel de la eficiencia energética, estimándose en el horizonte del 2020, un potencial de ahorro energético del 27% en el conjunto de edificios del sector residencial de la UE.

Todo lo anterior, unido a la necesidad imperiosa de adecuar los Planes de Acción de Ahorro, Eficiencia y Renovables, a los nuevos imperativos impuestos por la política energética comunitaria, así como a la evolución esperada de la situación energética y socioeconómica, conduce a la necesidad de un mayor conocimiento energético del sector residencial.

Sólo a partir de un correcto diagnóstico energético de este sector, mediante el desarrollo de las estadísticas energéticas ligadas al mismo, se podrán diseñar adecuadas y eficaces políticas de eficiencia y diversificación energética, que contemplen tanto la incorporación de un equipamiento más eficiente de consumo como de elementos constructivos y diseños óptimos, en el caso de las nuevas edificaciones, que en definitiva permitan conducir en un futuro a ese ideal de viviendas “pasivas” o de “bajo consumo”.

- **CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL EN ESPAÑA:**

El consumo medio de un hogar español es de 10.521 kWh al año (0,038 TJ), siendo predominante, en términos de energía final, el consumo de combustibles, 1,8 veces superior al consumo eléctrico.

El 62% del consumo eléctrico obedece al equipamiento de electrodomésticos, y en menor medida a la iluminación, cocina y los servicios de calefacción y agua caliente tal y como se puede ver en la figura 3.

USOS FINALES	CONSUMO FINAL		
	ELECTRICO	COMBUSTIBLES	TOTAL
	TJ	TJ	TJ
CALEFACCIÓN	15.907	272.667	288.574
AGUA CALIENTE SANITARIA	16.129	100.114	116.243
COCINA	20.063	25.588	45.651
REFRIGERACIÓN	5.042	107	5.148
ILUMINACIÓN	25.366		25.366
ELECTRODOMÉSTICOS	133.470		133.470
Frigoríficos	40.834		40.834
Congeladores	8.083		8.083
Lavadoras	15.812		15.812
Lavavajillas	8.083		8.083
Secadoras	4.469		4.469
Horno	11.022		11.022
TV	16.263		16.263
Ordenadores	9.906		9.906
Stand-by	14.292		14.292
Otro Equipamiento	4.707		4.707
CONSUMO TOTAL	215.978	398.475	614.453

Figura: 3 **Consumo medio de un hogar español**

(Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 16 de Julio de 2011- IDAE)

Considerando el conjunto de servicios y equipamiento disponible en los hogares españoles, el servicio de la calefacción es el mayor demandante de energía, con cerca de la mitad de todo el consumo del sector. Le siguen en orden de magnitud los electrodomésticos, el agua caliente sanitaria, la cocina, la iluminación y el aire acondicionado. Entre los electrodomésticos, destaca la incidencia de los frigoríficos, las lavadoras, las televisiones y los sistemas de *Standby*, llegando estos últimos a representar el 2,3% del consumo, casi el triple que el consumo asociado a los servicios de refrigeración.

Estructura de Consumo según Usos Energéticos

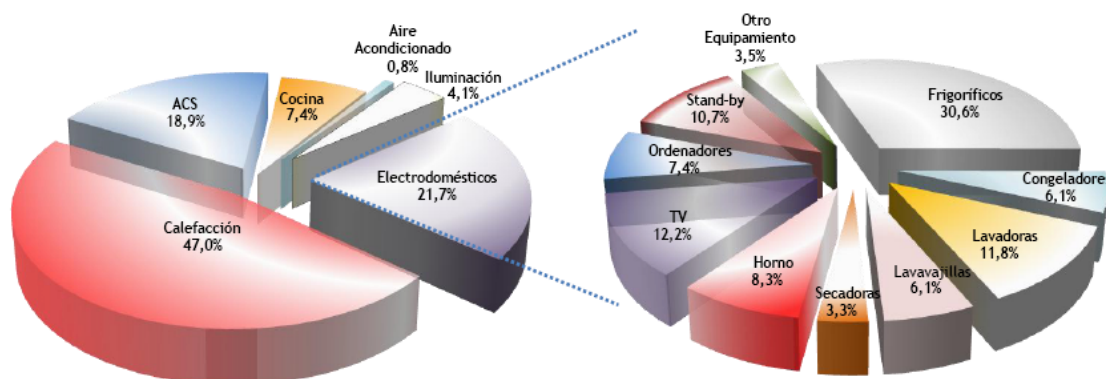


Figura: 4 **Gráfica de estructura de consumo**

Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 16 de Julio de 2011)

Como ya se ha mencionado el consumo del sector residencial está basado en dos terceras partes en combustibles, mayoritariamente productos petrolíferos, gas natural y energías renovables y en la figura 5 se puede ver cómo en el año 2011 se distribuyen esas energías para los consumos en el sector residencial

Desagregación según Fuentes Energéticas:														
USOS FINALES	FUENTES ENERGÉTICAS													ELECTRICIDAD
	CARBÓN	PRODUCTOS PETROLÍFEROS				GAS	ENERGÍAS RENOVABLES							
	Antracita	GLP	Gasóleo	Otros	TOTAL	GN	Solar Térmica	Geotérmica	Biomasa				TOTAL	
									Carbón Vegetal	Leñas y Ramas	Pellets	Otra Biomasa Sólida		
CALEFACCIÓN	506	16.247	85.116	--	101.363	70.977	432	254	805	97.695	202	434	99.135	4.417.934
AGUA CALIENTE SANITARIA	39	19.220	7.644	--	26.864	65.568	5.402	143	247	1.469	168	213	2.097	4.479.594
COCINA	74	7.730			7.730	16.704			90	989	1	--	1.079	5.572.109
REFRIGERACIÓN								107						1.400.183
ILUMINACIÓN														7.044.741
ELECTRODOMÉSTICOS														37.068.412
Frigoríficos														11.340.606
Congeladores														2.244.898
Lavadoras														4.391.450
Lavavajillas														2.244.747
Secadoras														1.241.167
Horno														3.060.994
TV														4.516.825
Ordenadores														2.751.108
Stand-by														3.969.322
Otro Equipamiento ⁽⁷⁾														1.307.296
CONSUMO TOTAL ESPAÑA	619	43.197	92.760	--	135.957	153.249	5.834	504	1.141	100.153	370	647	102.312	59.982.973

Figura: 5
 (Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España . 16 de Julio de 2011)

La presencia de fuentes de energía contaminantes como el carbón, productos petrolíferos y gas natural, en la estructura de abastecimiento es actualmente importante, no obstante las energías renovables van adquiriendo cada vez más peso.

Estructura de Consumo según Fuentes Energéticas

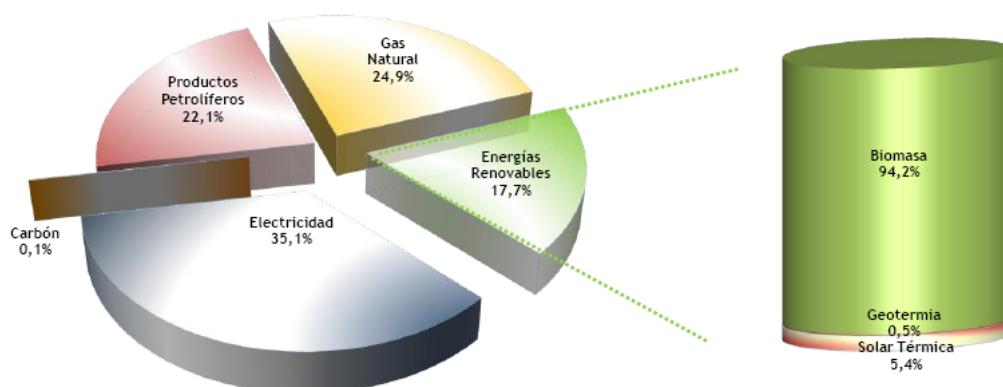


Figura: 6 Gráfica estructura de consumo
 (Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 16 de Julio de 2011)

Desagregación según Fuentes Energéticas:

	FUENTES ENERGÉTICAS													ELECTRICIDAD
	CARBÓN	PRODUCTOS PETROLÍFEROS				GAS	ENERGÍAS RENOVABLES							
	Antracita	GLP	Gasóleo (t)	Otros	TOTAL	Gas Natural	Solar Térmica	Geotérmica	Biomasa				TOTAL	
	Carbón Vegetal	Leñas y Ramas	Pellets	Otra Biomasa Sólida										
USOS FINALES	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	MWh
CALEFACCIÓN	--	7.738	19.692	--	27.430	27.915	169	66	--	49.889	87	104	50.080	2.029.250
AGUA CALIENTE	--	12.639	1.626	--	14.265	24.801	4.076	51	--	41	38	100	180	2.963.806
SANITARIA	--	4.769			4.769	6.934			11	121	--	--	132	2.162.719
COCINA								64						851.423
REFRIGERACIÓN														4.346.304
ILUMINACIÓN														19.586.156
ELECTRODOMÉSTICOS														6.129.044
Frigoríficos														1.238.348
Congeladores														2.312.986
Lavadoras														1.142.375
Lavavajillas														831.140
Secadoras														1.446.087
Horno														2.337.280
TV														1.524.887
Ordenadores														2.102.879
Stand-by														521.130
Otro Equipamiento ⁽¹⁾														
CONSUMO TOTAL MEDITERRÁNEO	--	25.146	21.318	--	46.464	59.651	4.245	182	11	50.051	125	205	50.392	31.939.658

Figura: 7

(Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 16 de Julio de 2011)

En el abastecimiento energético de la demanda, predomina el uso de la electricidad frente al gas natural y productos petrolíferos. Las energías renovables presentan un mayor aporte que en las restantes zonas climáticas, desempeñando la energía solar térmica un papel más relevante frente a la energía geotérmica ya que la energía solar térmica ha sido subvencionada estos últimos años por el estado.

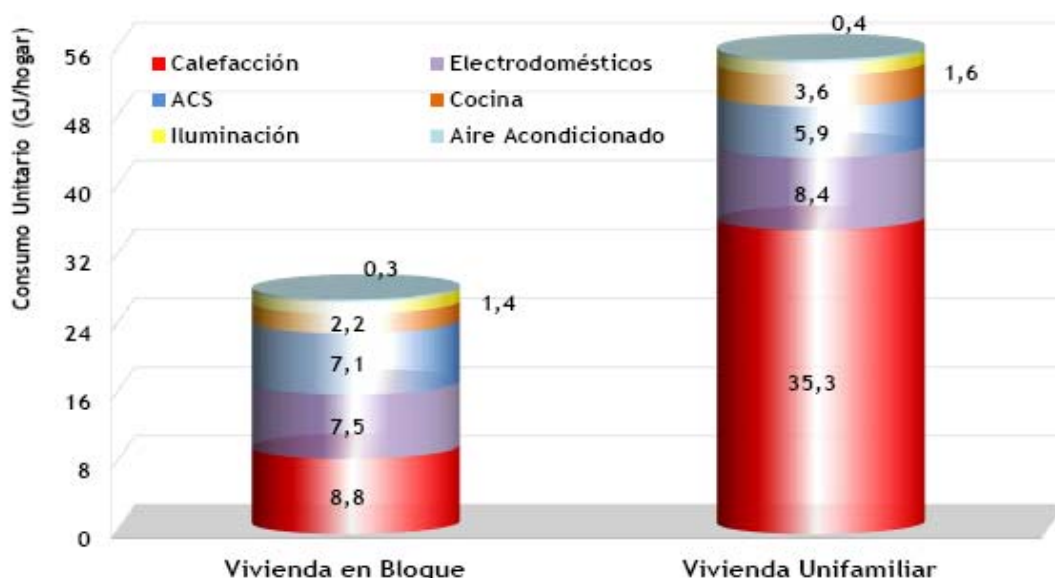


Figura: 8. Consumo energético unitario según tipo de vivienda

(Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 16 de Julio de 2011-IDAE)

En la figura 8 consideramos el consumo medio por vivienda, en unidades energéticas por hogar y por tipos de servicio y uso. Según el gráfico apreciamos claramente que los consumos de las viviendas unifamiliares superan claramente los de las viviendas

en bloque o pisos, sobre todo en lo relativo a consumos asociados a la calefacción. El consumo total de una vivienda unifamiliar duplica al de la vivienda en bloque, siendo el consumo de calefacción cuatro veces superior.

2.4. ANALISIS DE LA ENERGIA RENOVABLE EN ESPAÑA

La Estrategia Española de Eficiencia Energética (E4) 2004-2012, se aprobó por el Gobierno el 28 de noviembre de 2003, constituyendo el marco nacional de referencia en materia de política de ahorro y eficiencia energética en ese momento. Sobre esta Estrategia se elaboró un Plan de Acción para el periodo 2005- 2007. Posteriormente, se definió un nuevo Plan de Acción, correspondiente al periodo 2008-2012, con el que se pretendía consolidar la buena trayectoria conseguida por el anterior Plan. Este Propósito dio un paso más, revisando al alza los objetivos energéticos inicialmente planteados, en respuesta a las exigencias inherentes a la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia, según la cual se persiguió el cumplimiento nacional del Protocolo de Kyoto. Con ello, el nuevo Plan de Acción estableció como objetivo al 2012 un ahorro de energía primaria de 24.776 ktep, frente al objetivo, inicialmente definido, de 15.574 ktep, en el contexto del escenario que sirvió de base para la elaboración de la Estrategia E4.

En 2009, el presupuesto total para la realización del ejercicio correspondiente a dicho año ascendió a 436 M€, proveniente en su mayoría de las tarifas del gas y de la electricidad. Dentro de este presupuesto, gestionado por IDAE, se contemplaron actuaciones directas, así como la ejecución de las propias medidas del Plan de Acción 2008- 2012, llevadas a cabo mediante convenios, marco de colaboración entre el IDAE y las Comunidades Autónomas (CCAA).

Los recursos del Plan destinados en 2009 a la financiación de dichos convenios ascendieron a 252 M€, distribuyéndose con arreglo a cuantías y criterios de reparto sectorial y territorial. Estos Convenios exigieron la realización de un número mínimo de medidas prioritarias, considerando como tales aquellas que supusieran un mayor ahorro energético, de manera preferente, las que permitirían conseguir ahorros de electricidad y de energía térmica.

En el año 2009 en el marco de la colaboración con las Comunidades Autónomas, se identificaron diez medidas prioritarias del Plan de Acción, 2008-2012:

- Programa de Ayudas Públicas en el sector Industria.
- Planes de Movilidad Urbana.
- Gestión de Flotas de Transporte por Carretera.
- Conducción Eficiente de Turismos y Vehículos Industriales.
- Renovación del Parque Automovilístico de Vehículos y de Flotas de Transporte.
- Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios Existentes.
- Mejora de la Eficiencia Energética de las Instalaciones Térmicas de los Edificios Existentes.

- Mejora de la Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación Interior en los Edificios Existentes.
- Plan Renove de Electrodomésticos.
- Desarrollo del Potencial Cogeneración: Ayuda Pública a instalaciones de Cogeneración no Industrial.

- Planes de Movilidad Urbana
- Rehabilitación de la Evolvente Térmica de los Edificios
- Renovación de Instalaciones de Alumbrado Público Exterior
- Programa de Ayudas Públicas Industria
- Mejora de la Eficiencia Energética de las Instalaciones Térmicas
- Plan Renove de Electrodomésticos

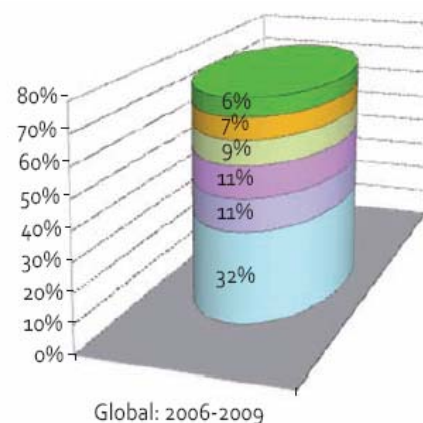


Figura: 9. Medidas con mayor volumen de recursos
 (Fuente: La energía en España 2009 IDAE.)

El Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2012, aprobado por Consejo de Ministros el 1 de agosto de 2008, con el fin de reforzar el cumplimiento de los objetivos nacionales de ahorro y eficiencia energética, en una coyuntura marcada por la inestabilidad de los precios del petróleo, contó con un balance muy positivo en los últimos años. Debido a todos estos impulsos el consumo primario de energías renovables ha ascendido en estos últimos años tal y como se puede ver en la figura 10, ello ha contribuido principalmente los incrementos de consumos primarios asociados a la energía solar, energía geotérmica, los biocarburantes y la energía eólica, que en 2009 fueron experimentado señales de una gran actividad.

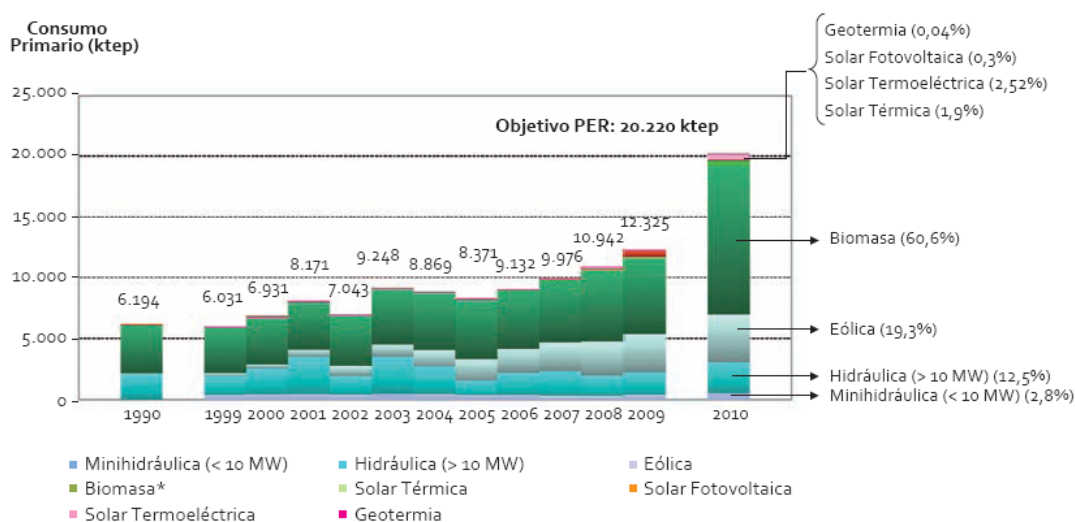


Figura: 10. Evolución del consumo de energías renovables
 (Fuente: "La energía en España 2009" IDAE.)

No obstante, en términos absolutos, continúa siendo la biomasa el recurso renovable más relevante, con casi el 50% de toda la producción de energía primaria procedente de las energías renovables.

La creciente participación de las energías renovables y del gas natural en la cobertura a la demanda de energía primaria, unida a políticas de eficiencia en el consumo de energía final, han supuesto una contribución positiva en la mejora de eficiencia de nuestro sistema transformador. Además de la evolución experimentada por las energías renovables a lo largo de los últimos años propiciada por la unión de planificaciones en materia de energías renovables y de eficiencia energética.

Con el Plan de Energías Renovables 2011-2022, la energía eólica seguirá siendo la energía renovable que más aporte, seguida de la energía solar (Figura 11).

<i>En ktep</i>	2010	2020
Energía geotérmica	3,8	9,5
Energía solar térmica	183	644
Biomasa	3.729	4.653
Biomasa sólida	3.695	4.553
Biogás	34	100
Bombas de calor basadas en las renovables	17,4	50,8
Aerotérmica	5,4	10,3
Geotérmica	12,0	40,5
Total	3.933	5.357

Generación de energía renovable de calefacción y refrigeración en el Plan de Energías Renovables 2011-2020: situación en 2010 y objetivos para 2020

<i>En ktep</i>	2010	2020
Bioetanol / bio-ETBE	226	400
Biodiésel	1.217	2.313
Electricidad renovable	96	503
Total	1.538	3.216

Energía renovable para el sector del transporte en el Plan de Energías Renovables 2011-2020: situación en 2010 y objetivos para 2020

Figura: 11

(Fuente: "Resumen del plan de acción nacional de energías renovables de España 2011-2020" IDAE.)

Entretanto, la procedente de la biomasa, el biogás y los residuos verá incrementada su contribución al suministro eléctrico. La energía geotérmica y la undimotriz irán cobrando importancia y alcanzarán la madurez para el siguiente periodo 2020-2030.

La importancia de la biomasa térmica se dividirá equitativamente entre el sector doméstico e industrial, mientras que la energía solar térmica crecerá en lo que a superficie instalada se refiere. La energía geotérmica proseguirá su desarrollo y el biodiésel experimentará un ligero aumento en su consumo, mientras que el de bioetanol se duplicará hasta 2020.

2.5. PANORAMA ACTUAL DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL MUNDO.

La utilización directa como fuente de calor de la energía geotérmica constituye la forma más antigua, versátil y también la más común de aprovechamiento de esta forma renovable de energía. Los datos disponibles indican que, a finales del año 2009, el número de países que hacían uso de la misma con el fin citado era de 78, con una capacidad instalada de 50.583 MWt. Esta última cifra representa un crecimiento del 78,9% respecto a los datos de 2005, lo que significa un incremento anual medio del 12,33%, con un factor de capacidad de 0,27 (equivalente a 2.365 horas de operación a plena carga al año).

La energía térmica utilizada en el año 2011 fue de 121.696 GWh/año (438.071 TJ/año), lo que significa un 60,2% más que en 2005 (9,9% de incremento anual). Ello supuso un ahorro energético por año estimado de 307,8 millones de barriles de petróleo (46,2 millones de toneladas), así como un ahorro de emisiones de 148,2 millones de toneladas de CO₂ (comparado con el empleo de petróleo para generar electricidad). Como podemos ver en la figura 12, la bomba de calor geotérmica representó el 49% de los usos térmicos de esta energía, mientras que el 24,9% se destinó a usos balnearios y de calentamiento de piscinas y un 14,4% a la calefacción de recintos. También se ha utilizado esta energía en el sector agrícola e industrial pero en menor medida que en los demás usos.

ENERGIA GEOTERMICA UTILIZADA EN USOS DIRECTOS EN EL MUNDO (AÑO 2010)

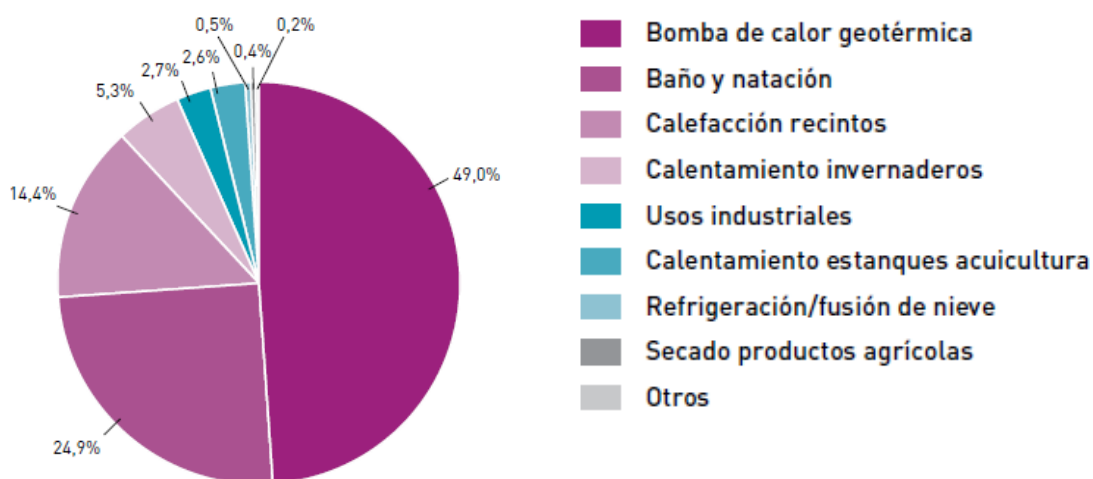


Figura: 12 **Gráfica de usos de la energía geotérmica**

(Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 16 de Julio de 2011)

Según se ha indicado, tanto la capacidad instalada como la energía térmica utilizada destinada a usos directos se encuentran en franco crecimiento en el conjunto de los 78 países que emplean energía geotérmica.

En los últimos 15 años ambos parámetros han experimentado fuertes incrementos de forma ininterrumpida, al punto de que, respecto a 1995, la capacidad instalada en 2010 se multiplicó por 5,8, y casi por 4 la energía utilizada.

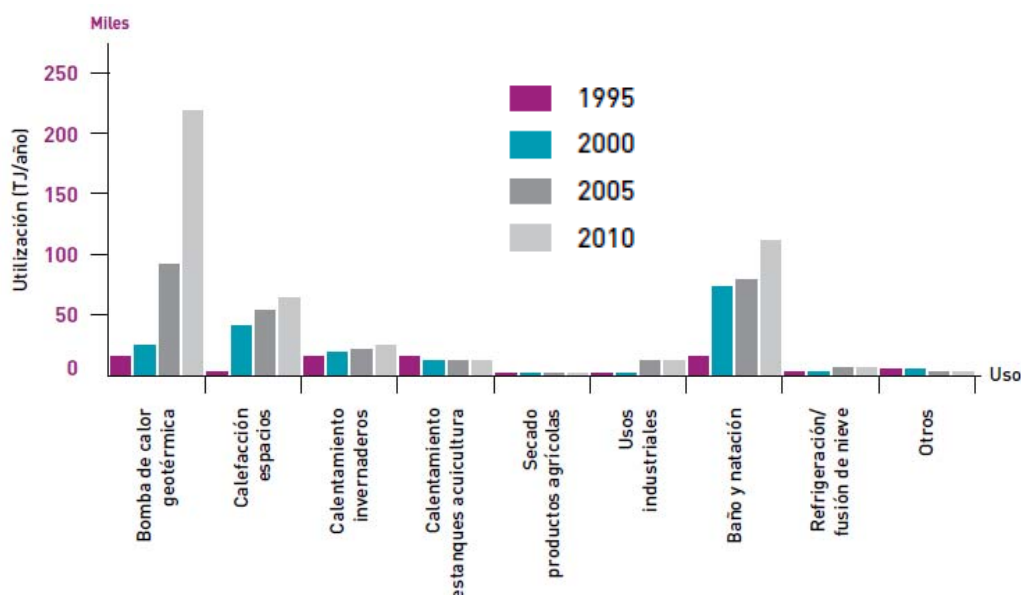


Figura: 13

(Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020).

En el caso de la calefacción de recintos, a falta de datos más precisos los autores estiman que los sistemas de calefacción centralizada concentran del orden del 85% de la capacidad instalada y del 84% de la energía utilizada en este tipo de aprovechamiento.

Es importante destacar que la generalización del uso de la bomba de calor geotérmica ha abierto la posibilidad de que esta energía pueda aprovecharse casi en cualquier lugar, tanto para calefacción como para refrigeración.

De igual modo, su uso está siendo fomentado por la utilización de recursos de baja y media temperatura en centrales de generación combinada de electricidad y calor, donde aguas de temperatura inferior a 100 °C se hacen circular primero, a través de un ciclo binario (Rankine) para producir electricidad y, posteriormente, son empleadas como fuente de calor para diferentes aplicaciones (calefacción, piscinas, invernaderos, acuicultura, etc.) antes de ser reinyectadas en el acuífero.

Este tipo de instalaciones, frecuentes en países del norte de Europa como Islandia, Alemania o Austria, obviamente maximizan el aprovechamiento del recurso geotérmico así como su rendimiento económico, debido a la utilización mayoritaria de las fuentes de energía para la producción de calefacción.

Usos	Utilización (TJ/año)			
	1995	2000	2005	2010
Bomba de calor geotérmica	14.617	23.275	87.503	214.782
Calefacción de recintos	3.823	42.926	55.256	62.984
Calentamiento invernaderos	15.742	17.864	20.661	23.264
Calentamiento estanques acuicultura	13.493	11.733	10.976	11.521
Secado productos agrícolas	1.124	1.038	2.013	1.662
Usos industriales	1.012	1.022	10.868	11.746
Baño y natación	15.742	79.546	83.018	109.032
Refrigeración/fusión de nieve	1.124	1.063	2.032	2.126
Otros	2.249	3.034	1.045	956
Total	112.441	190.699	273.372	438.071

Figura: 14. *Evolución de la utilización de la energía geotérmica en diferentes usos.*
 (Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020)

Los cinco países que cuentan con la mayor capacidad instalada son Estados Unidos, China, Suecia, Noruega y Alemania que, en conjunto, representan el 62,8% de la capacidad mundial.

En lo que respecta a la energía utilizada y tal como se puede ver en las figuras 15 y 16, las cinco primeras posiciones están ocupadas por China, Estados Unidos, Suecia, Turquía y Japón, en este caso con un 54,7% del total mundial.

País	Capacidad instalada (MWt)	Utilización anual		Factor de capacidad
		TJ/año	GWh/año	
Albania	11,5	40,5	11,2	0,10
Alemania	2.485,4	12.764,5	3.546,0	0,16
Argelia	55,6	1.723,1	478,7	1,00
Argentina	307,5	3.906,7	1.085,3	0,40

Figura: 15. *Distribución de la capacidad instalada, energía térmica utilizada y factor de capacidad(2010)*
 (Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020)



Armenia	1,0	15,0	4,2	0,50
Australia	33,3	235,1	65,3	0,20
Austria	662,9	3.727,7	1.035,6	0,20
Bélgica	117,9	547,0	151,9	0,20
Bielorrusia	3,4	33,8	9,4	0,30
Bosnia & Herzegovina	21.696,0	255,36	70,9	0,30
Brasil	360,1	6.622,4	1.839,7	0,60
Bulgaria	98,3	1.370,1	380,6	0,40
Canadá	1.126,0	8.873,0	2.464,9	0,25
Chile	9,1	131,8	36,6	0,46
China	8.898,0	75.348,3	20.931,8	0,27
Colombia	14,4	287,0	79,7	0,63
Corea del Sur	229,3	1.954,7	543,0	0,27
Costa Rica	1,0	21,0	5,8	0,67
Croacia	67,5	468,9	130,3	0,22
Dinamarca	200,0	2.500,0	694,5	0,40
Ecuador	5,2	102,4	28,4	0,63
Egipto	1,0	15,0	4,2	0,48
El Salvador	2,0	40,0	11,1	0,63
Eslovaquia	132,2	3.067,2	852,1	0,74
Eslovenia	104,2	1.136,4	315,7	0,35
España	141,0	684,1	190,0	0,15
Estados Unidos	12.611,5	56.551,8	15.710,1	0,14

Figura: 16. Distribución de la capacidad instalada, energía térmica utilizada y factor de capacidad(2010)
(continuación)

(Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020)

España ocupa el puesto número 31 en capacidad instalada (141 MWt) y el 38 en energía utilizada (684 TJ/año). No obstante, si se consideran la población y la superficie, son los países pequeños especialmente los del norte de Europa los que se sitúan a la cabeza. Teniendo en cuenta esto, (MWt/población) los cinco primeros puestos corresponden a Islandia, Suecia, Noruega, Nueva Zelanda y Suiza mientras que, en términos de energía utilizada (TJ/año.superficie), serían Holanda, Suiza, Islandia, Noruega y Suecia.

Teniendo en cuenta ahora los incrementos de capacidad instalada (MWt) de los últimos cinco años se registran en el Reino Unido, Corea, Irlanda, España y Holanda mientras que, en el caso de la energía utilizada (TJ/año), las cinco primeras posiciones corresponden al Reino Unido, Holanda, Corea, Noruega e Irlanda. Estos incrementos se deben al empleo de bombas de calor geotérmicas.

2.6. AHORRO ENERGETICO

La energía geotérmica es una fuente de energía sostenible y renovable, capaz de reemplazar a otras fuentes energéticas entre las que, naturalmente, se incluyen a los combustibles fósiles, con lo que ello significa en términos de reducción, tanto de la dependencia energética como de las emisiones de gases de efecto invernadero y partículas.

El artículo de J. W. Lund, incluye una estimación de la reducción del consumo de combustibles fósiles y de ahorro de emisiones asociados al empleo de la energía geotérmica, basado en la utilización de un factor de eficiencia de 0,35 si la misma energía se hubiera empleado para generar electricidad, y de 0,70 si el aprovechamiento lo fuese en forma de calor (por ejemplo, en un horno).

Considerando el valor de 438.071 TJ/año de consumo energético en usos directos, y un contenido energético para el barril de petróleo de $6,06 \times 10^9$ J, en el caso de la generación eléctrica el ahorro ascendería a **206,5** millones de barriles (**31** millones de toneladas de crudo al año, equivalente a tres días de consumo mundial), mientras que si se hubiese empleado en usos directos la cifra sería prácticamente la mitad: **103,2** millones de barriles (**15,5** millones de toneladas de crudo). La información disponible apunta a que el dato real probablemente se encuentre entre uno y otro valor.

Por último, en lo referente al ahorro de emisiones, la tabla de la figura 17 refleja los valores estimados por Lund considerando que la misma cantidad de energía geotérmica consumida en usos directos, hubiese sido utilizada en generar electricidad a partir de tres tipos de combustibles: gas natural, petróleo y carbón. En el caso de emplearse para producir calor, las emisiones serían, aproximadamente, la mitad de las reflejadas en dicha tabla.

Combustible	Ahorro de emisiones (millones de toneladas)			
	CO ₂	SO _x	NO _x	Total
Gas natural	23,48	0,0	0,05	23,53
Petróleo	99,44	0,66	0,19	100,29
Carbón	115,96	0,61	0,19	0,8
Total	122,92	1,27	0,43	124,62

Figura: 17 Emisiones asociadas a la generación de electricidad mediante una cantidad de energía similar a la de origen geotérmico consumida en usos directos en 2012, empleando diferentes tipos de combustibles
 (Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020 - IDAE)

Según refleja el artículo de R. Bertani, la capacidad instalada de las plantas de producción de electricidad a partir de energía geotérmica alcanzó en el año 2010 la cifra de 10.715 MWe, como podemos ver en la figura 18, lo que significa un aumento del 19,9% (1.782 MWe) respecto al año 2005.

Ello supone un incremento lineal anual del orden de 350 MWe durante el período 2005-2010, superior a los 200 MWe del período 2000-2005.

En lo referente a generación, el incremento respecto al año 2005 fue del 20,7%. El citado autor incluye una estimación de la potencia instalada para el año 2015 de 18.500 MWe, basada en datos de proyectos existentes que se encuentran en fase ejecutiva, estimado un aumento del 72,7%².

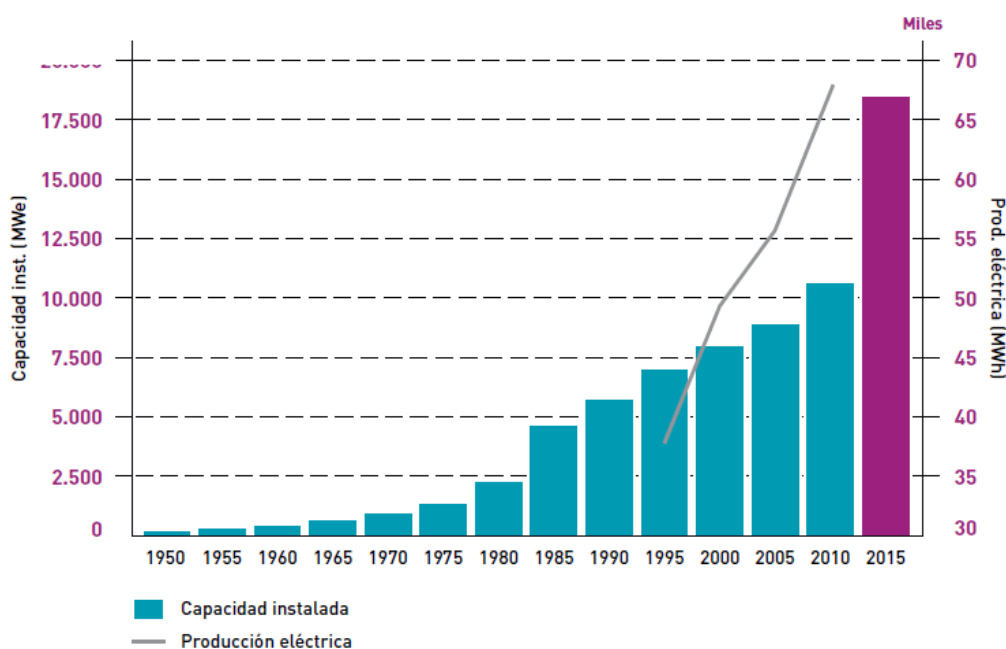


Figura: 18. Evolución de la capacidad instalada de las plantas de producción de electricidad a partir de energía geotérmica

(Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020- IDAE)

A continuación se va a mostrar a partir de mapas la distribución mundial de la potencia instalada de energía geotérmica en el año 2012 y la previsión para el aumento de esta energía en el año 2015

Si observamos la figura 19 se muestra el mapa de distribución por países de la potencia instalada en el año 2010, mientras que en el mapa de la figura 20 hace lo propio con los valores de este parámetro previstos para el año 2015.

Comparando ambos mapas se puede ver que en la mayoría de las zonas la estimación del aumento de esta energía es posible, siendo el lugar donde el aumento sea menor en Centro América.

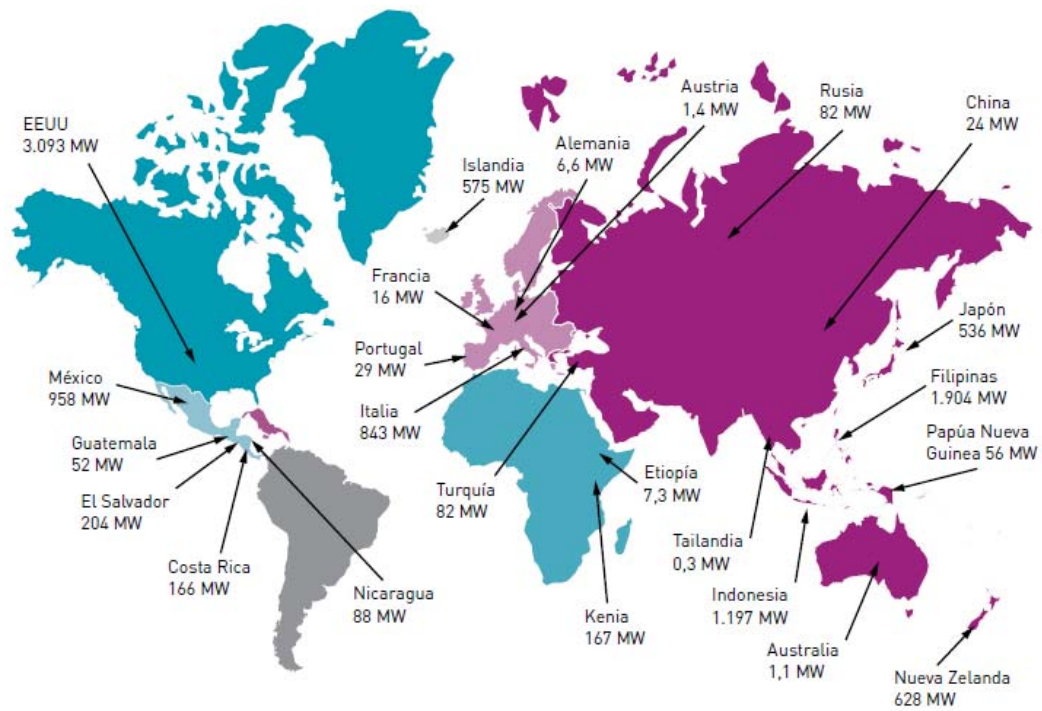


Figura: 19. Capacidad instalada en el año 2010 (10,7 gwe)
 (Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020)

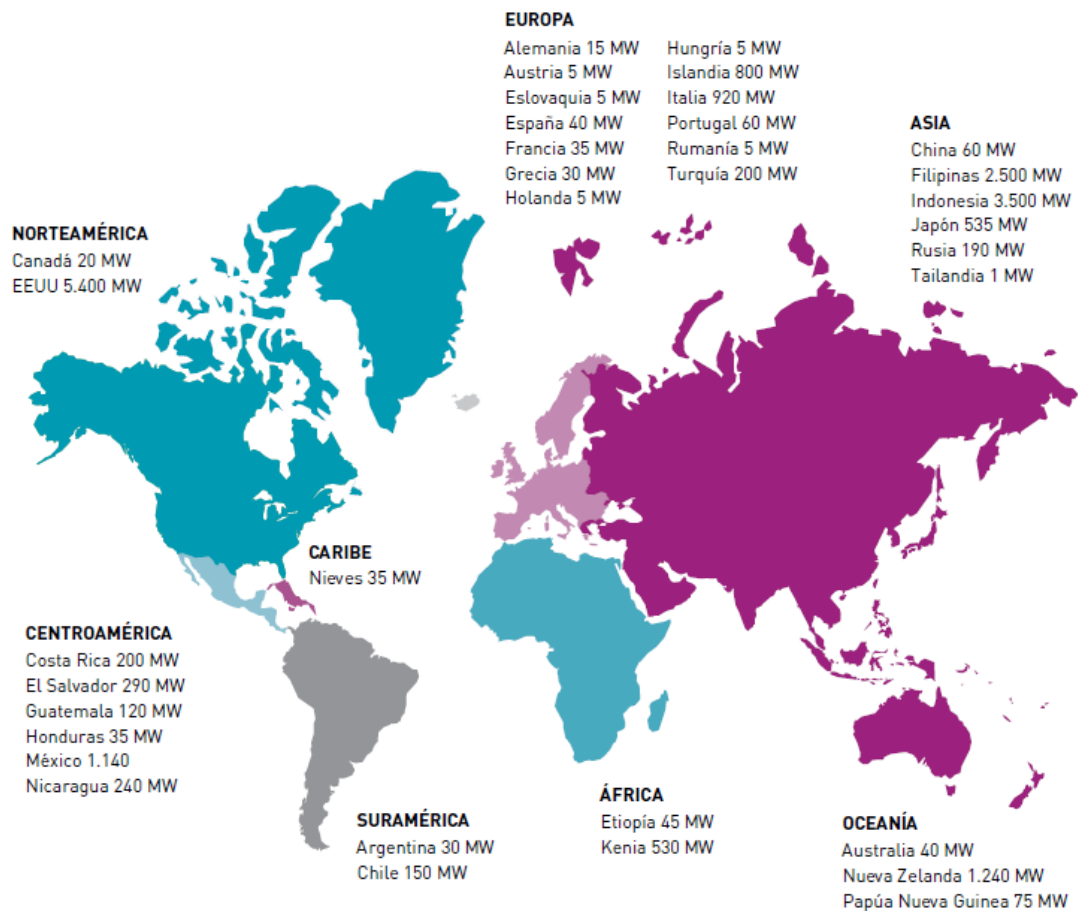


Figura: 20. Capacidad instalada en el año 2015 (18,5 gwe)
 (Fuente: Evaluación del potencial de energía geotérmica Estudio Técnico 2011/2020)

En las figuras presentadas a continuación se presenta el desarrollo geotérmico en España.



Figura 21: Mapa del desarrollo geotérmico español.

Como podemos ver en la figura 21 el desarrollo geotérmico español en relación con la gran capacidad geotérmica que tiene nuestro país visualizado en la figura 22 es muy pequeño. Esto se debe a la escasa inversión que se ha realizado estos últimos años a causa de no dar subvenciones a esta energía y de la crisis económica que afronta nuestro país.

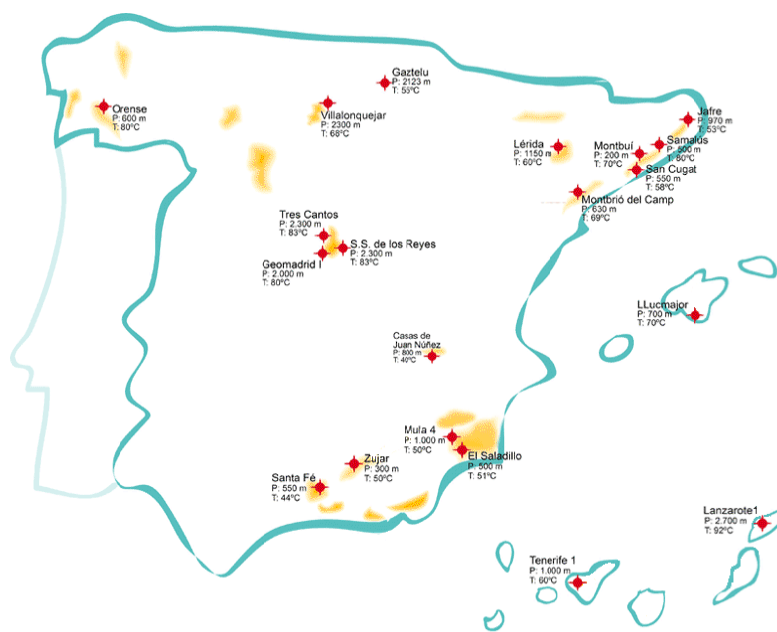
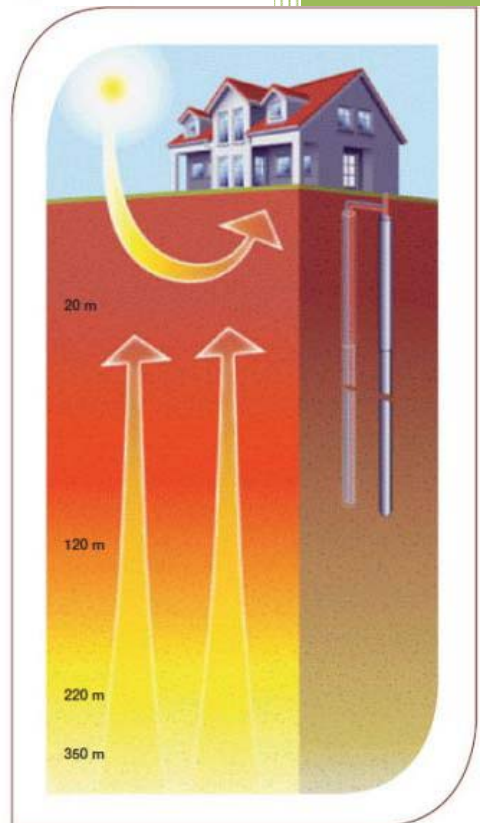


Figura 22: Mapa de áreas con gran capacidad geotérmica en España.

CAPITULO 3: GEOTERMIA





El actual escenario de precios de los combustibles fósiles tal y como ya se ha desarrollado en capítulos anteriores, junto con las implicaciones medioambientales del consumo de éstos, hace que todos los gobiernos dirijan sus esfuerzos al fomento de las energías alternativas o limpias.

Es obvio que la energía geotérmica es una de las energías renovables que más desconocemos en nuestro país, debido a varios factores entre otros, las subvenciones del estado, la ignorancia de esta energía o el coste de la instalación.

A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación del Sol sino en la diferencia de temperaturas que existe entre el interior de la Tierra y su superficie y en el estado actual de la tecnología, se puede decir que la geotermia tiene dos grandes grupos de aplicaciones o fines: térmicos y eléctricos.

Desde hace más de 30 años, como consecuencia de las crisis energéticas del siglo XX, en los países del Norte de Europa y de América, con inviernos muy fríos, se vienen empleando técnicas de intercambio geotérmico que utilizan circuitos cerrados de agua con anticongelante, instalados en sondeos poco profundos o enterrados a muy poca profundidad en el terreno, junto con bombas de calor “*Geothermal Heat Pumps*” (GHP’s) para satisfacer necesidades de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares y edificios comerciales.

En invierno, el terreno transfiere el calor que almacena al agua con anticongelante que se encuentra en el interior del tubo del colector, este calor se utiliza para calefacción, ya que la bomba geotérmica eleva su temperatura. En verano, se invierte el ciclo y así el agua en circuito cerrado transfiere al terreno el exceso de calor del edificio, de forma que se obtiene refrigeración.

En este capítulo se intentará explicar de forma sencilla en qué consiste la geotermia de baja temperatura, almacenada a poca profundidad en suelos, rocas y aguas subterráneas.

Estas instalaciones reciben en la bibliografía especializada diferentes denominaciones: energía geotérmica somera o a poca profundidad, energía geotérmica de baja intensidad o de baja entalpía, e incluso geotermia solar, geointercambio, bomba de calor conectada al terreno o de fuente subterránea, etc.

La Directiva Europea CE 2009/28, señala que las bombas de calor permiten la utilización del calor aerotérmico y geotérmico a un nivel de temperatura útil, pero reconoce la necesidad de electricidad u otra energía auxiliar para funcionar. Por ello, en dicha Directiva se señala que en la consideración de fuente de energía renovable debe deducirse del total utilizable la energía utilizada en el funcionamiento de las bombas de calor. Según esto, solo deben tenerse en cuenta las bombas de calor cuya producción supere de forma significativa la energía primaria necesaria para impulsarlas.

Que dicha Directiva Europea declare a las energías geotérmicas y aerotérmica como renovables, no es trivial, ya que permite la sustitución de la energía solar térmica por estas fuentes de energía, para el cumplimiento de la sección HE4 del CTE en la producción de ACS.

Por ello en la publicación del IDAE “Comentarios al RITE 2007” (ISBN:978-84-96680-23-4) se establece que “los sistemas de paneles térmicos podrán ser sustituidos por otras técnicas de energías renovables siempre que no venga superada la producción de CO², sistema exigido por la Administración sobre una base anual”.

Por tanto la energía solar térmica para la producción de ACS podrá ser sustituida por sistemas geotérmicos y aerotérmicos, siempre que las emisiones de CO² sean inferiores a las emisiones de CO² que se generarían en una instalación homóloga que aporte el porcentaje establecido de la demanda con paneles solares térmicos.

En el capítulo 5 de este proyecto, se verán los resultados obtenidos, después de introducir los datos de una instalación de generación de calor mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica para cubrir la demanda en calefacción y ACS.

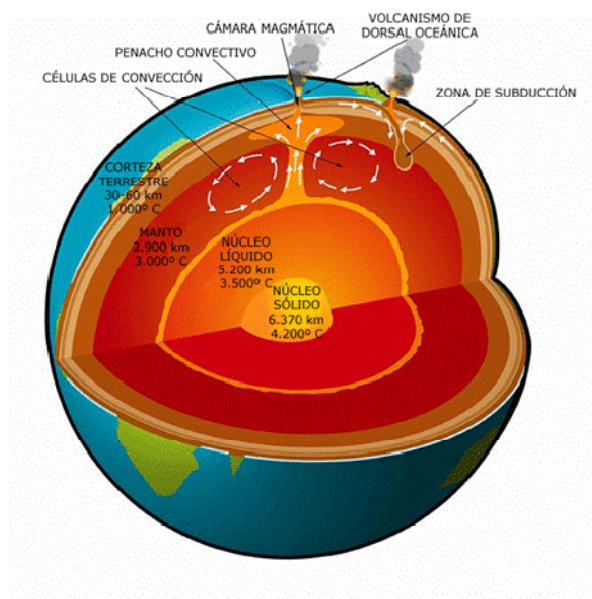


Figura 23

(Fuente: <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/page/3>)

3.1. PROPAGACIÓN DEL CALOR EN LA TIERRA

Para comprender la geotermia es necesario conocer la morfología de la tierra, su composición y su evolución a lo largo de los años a un nivel básico.

Desde el centro hasta la superficie, el globo terrestre está constituido por tres capas sucesivas de temperatura decreciente:

- El núcleo, sólido en su parte interna y líquido en su parte exterior con una temperatura que puede alcanzar los 4.200 °C.
- El manto que lo envuelve, con temperaturas que van desde los 3.000 °C a 1.000 °C. De textura plástica hacia el centro, se vuelve sólido hacia la superficie.
- La corteza como podemos ver en la figura 24, corresponde a la envoltura superficial. Su temperatura varía desde los 1.000 °C en su contacto con el manto, hasta los 15-20 °C de la superficie terrestre. Su espesor varía desde 5 a 20 km en las profundidades oceánicas, y desde 30 a 70 km bajo los continentes. Con la parte sólida del manto constituye la litosfera, fragmentada en varias placas litosféricas que se desplazan lentamente, unas con relación a otras, pudiendo dar lugar a importantes anomalías térmicas en sus bordes.

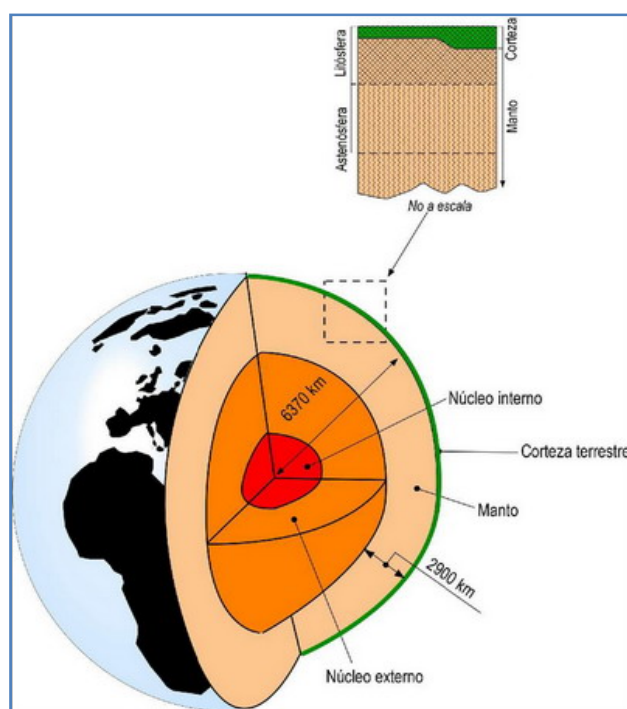


Figura 24. La corteza, manto y núcleo de la tierra.

Arriba a la derecha: sección a través de la corteza y del manto superior.
 (Fuente: http://www.geothermal-energy.org/317,spanish_translation.html)



Para el estudio de las deformaciones de los materiales terrestres, la corteza y la parte rígida del manto se agrupan bajo el nombre de litosfera, que viene a tener un espesor de 75 – 100 km. La **litosfera** descansa sobre la **astenosfera**, que es la parte deformable del manto. Es una capa plástica en la que la temperatura y la presión alcanzan valores que permiten que se fundan las rocas en algunos puntos. Seguidamente, se encuentra la **mesosfera**, que equivale al resto del manto y, por debajo, se encuentra la endosfera, que comprende el núcleo externo y el núcleo interno.

En la litosfera, la transferencia de calor se produce por conducción térmica, el calor se difunde sin que haya transferencia de materia. En la astenosfera el calor se evacúa por convección térmica, con movimiento de materia. En la mesosfera el calor se transmite principalmente por convección. En el núcleo externo, el calor se transmite, principalmente, por convección. Mientras que en el núcleo interno, el mecanismo de propagación más importante es la conducción.

3.2. ANTECEDES HISTÓRICOS

Hace unos 4.500 millones de años, la Tierra era una inmensa bola ardiente constituida esencialmente por gases y polvo. Cuando esa nebulosa se enfrió y se consolidó, hace unos 3.800 millones de años, se formó una corteza dura que atrapó en su interior una ingente cantidad de calor, que todavía perdura hoy en día haciendo del planeta una enorme caldera natural.

Muchas especies animales se resguardan del frío en invierno y del calor en verano excavando madrigueras en tierra, y los hombres prehistóricos, antes de aprender a utilizar el fuego y a construir cabañas, buscaron protección de las inclemencias meteorológicas en cavernas y cuevas subterráneas, donde la inercia térmica de rocas y suelos contribuye a que los descensos y aumentos de la temperatura ambiente sean menores y más lentos.

Los restos arqueológicos más antiguos relacionados con la energía geotérmica han sido encontrados en Niisato, en Japón, y son objetos tallados en piedra volcánica que datan de la Tercera Glaciación, hace entre 15.000 y 20.000 años.

Hace más de 10.000 años, los Paleo-Indios de América del Norte, ya usaban las aguas termales para cocinar alimentos y sus minerales con propósitos medicinales. Los manantiales termales eran zonas neutrales donde los miembros de las naciones guerreras debían bañarse juntos en paz.

Las primeras civilizaciones, unos 3.500 años antes de Cristo, apreciaban la práctica de los baños termales y la utilización de barros termo-minerales, pero fueron griegos y, posteriormente, romanos los que dejaron numerosos ejemplos de la aplicación de la energía geotérmica en la calefacción urbana y en las tradicionales termas y baños

públicos, que se convirtieron en gigantescos centros de ocio, salud y negocio. Las termas de Caracalla, en Roma, tenían un aforo para 1.600 personas.



*Figura: 25. Acantilado de más de 200 m de altura con manantiales de aguas termales en Pamukkale (Turquía).
 (Fuente: http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf)*

Los romanos difundieron su uso por todo el imperio, extendiéndose con el paso del tiempo a Japón, América y Europa. La extracción de azufre, travertinos, caolines, limonitas y óxidos de hierro también ha estado ligada tradicionalmente a las fuentes termales.

En 1330 ya existía una red de distribución de agua caliente en algunas casas en Chaudes-Aigues, Francia, por cuyo mantenimiento los usuarios tenían que pagar una tasa. Servía, al mismo tiempo, para lavar lana y pieles.

La presencia de volcanes, fuentes termales y otros fenómenos termales debieron haber inducido a nuestros ancestros a suponer que partes del interior de la Tierra estaban calientes; sin embargo, no fue hasta un período entre los siglos XVI y XVII, cuando las primeras minas fueron excavadas a algunos cientos de metros de profundidad, que el hombre dedujo, por simple sensaciones físicas, que la temperatura de la Tierra se incrementaba con la profundidad.

Las primeras mediciones mediante termómetros fueron probablemente realizadas en 1740, en una mina cerca de Belfort, en Francia (Bullard, 1965). Hacia 1870, se utilizaron modernos métodos científicos para estudiar el régimen termal de la Tierra, pero no fue hasta el siglo XX, y el descubrimiento del calor radiogénico, que podemos comprender plenamente tal fenómeno como un balance térmico y la historia térmica de la Tierra.

Todos los modelos termales modernos de la Tierra deben, en efecto, tomar en cuenta el calor continuamente generado por el decaimiento de los isótopos radioactivos de larga vida del Uranio (U238, U235), Torio (Th 232) y potasio (K40), presentes en la Tierra (Lubimova, 1968).

Además del calor radiogénico, en proporciones inciertas, están otras posibles fuentes de calor como puede ser la energía primordial de la acreción planetaria. Recientemente en los años 80, se dispuso de teorías realistas de estos modelos, cuando se demostró que no había equilibrio entre el calor radiogénico generado en el interior de la Tierra y el calor disipado al espacio desde la Tierra, y que nuestro planeta esta lentamente enfriándose.

Para dar una idea del fenómeno involucrado y su magnitud, citaremos un balance térmico de Stacey y López (1988), en el cual el flujo calórico total de la Tierra se estimó en 42.10^{12} W (conducción, convección y radiación). De este total, 8×10^{12} W provienen de la corteza, la cual representa sólo el 2% del volumen total de la Tierra, pero que es rica en isótopos radioactivos. Del manto provienen 32.3×10^{12} W, el cual representa el 82% del volumen total de la Tierra y $1,7 \times 10^{12}$ W provienen del núcleo, el cual corresponden al 16% del volumen total y no contiene isótopos radioactivos.

Considerando que el calor radiogénico del manto se estima en 22.10^{12} W, la tasa de enfriamiento de esta parte de la Tierra es $10,3 \times 10^{12}$ W.

Estimaciones más recientes, basadas en un mayor número de datos, indican que el flujo calórico total de la Tierra es alrededor del 6% mayor que el estimado por Stacey y López (1988). Aún así, el proceso de enfriamiento es aún muy lento. La temperatura del manto ha disminuido en no más de 300 a 350°C en tres mil millones de años, quedando a unos 4.000°C en su base. Se ha estimado que el contenido total de calor de la Tierra, calculado a partir de una temperatura ambiente media estimada en 15°C, es del orden de $12,6 \times 10^{24}$ MJ y que el contenido de calor de la corteza es de unos $5,4 \times 10^{21}$ MJ (Armstead, 1983).

La energía térmica de la Tierra es por lo tanto inmensa, pero solo una fracción de ella podría ser utilizada por la humanidad. Hasta ahora la utilización de esta energía ha estado limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas permiten un transporte (agua en la fase líquida o vapor), para “transferir” el calor desde zonas calientes profundas hasta o cerca de la superficie, dando así origen a los recursos geotérmicos; sin embargo, en el futuro cercano técnicas innovadoras podrían brindar nuevas perspectivas a este sector.

En muchos casos, las aplicaciones prácticas preceden a la investigación científica y a los desarrollos tecnológicos, la energía geotérmica es un buen ejemplo de esto. A comienzos del siglo XIX los fluidos geotermiales fueron explotados por su contenido energético. En ese período se instaló en Italia una industria química (en la zona actualmente conocida como Larderello), para extraer el ácido bórico de las aguas calientes boratadas que emergían naturalmente o bien, de pozos perforados con ese objeto. El ácido bórico se obtenía mediante evaporación de las aguas boratadas en bateas de fierro, usando como combustible la madera de los bosques de los alrededores.

En 1827 Francisco Larderel, fundador de esta industria, desarrolló un sistema de una laguna cubierta como podemos observar en la figura 26, para utilizar el calor de los

fluidos en el proceso de evaporación, en vez de quemar la madera de los bosques en rápido agotamiento.

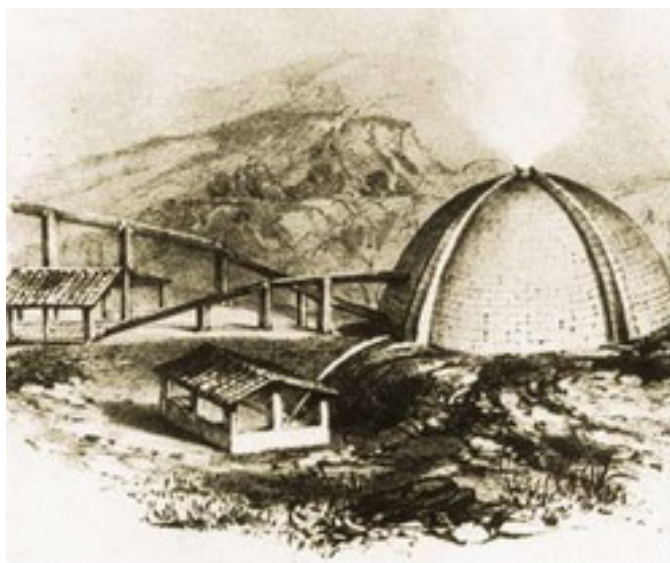


Figura: 26. La “laguna cubierta” utilizada en la primera mitad del siglo XIX en el área de Larderello, Italia para coleccionar las aguas calientes boratadas y extraer el ácido bórico.

(Fuente: http://www.geothermal-energy.org/317,spanish_translation.html)

En Francia, en 1833, en el barrio de Grenelle, en París, se inició el primer sondeo profundo, un pozo artesiano de 548 m de profundidad, que tardó ocho años en construirse y captó agua potable a 30 °C en el acuífero de arenas albienses de la Cuenca de París. La explotación del vapor natural por su energía mecánica empezó ese mismo tiempo.

El vapor geotérmico se utilizó para elevar líquidos en primitivos elevadores por presión de gas y más tarde en bombas recíprocas y centrífugas y en poleas, todo lo cual fue utilizado en las perforaciones o en la industria local de ácido bórico. Entre 1850 y 1875 la planta de Larderello mantuvo en Europa el monopolio de la producción de ácido bórico. Entre 1910 y 1940 el vapor de baja presión fue utilizado para climatizar invernaderos, edificios industriales y residenciales, en esta parte de Toscana. Otros países también empezaron a desarrollar sus recursos geotérmicos a escala industrial.

En 1892 entró en operaciones el primer sistema distrital de calefacción geotermal, en Boise, Idaho (USA). En 1928 Islandia, otro país pionero en la utilización de la energía geotérmica, también inicio la explotación de sus fluidos geotermales (principalmente agua caliente) para calefacción doméstica.

En 1904 se llevo a cabo el primer intento de generar electricidad a partir de vapor geotérmico como podemos ver en la figura 27; nuevamente, esto tuvo lugar en Larderello.



Figura: 27. La máquina usada en Larderello en 1904 en la primera experiencia de generación de energía eléctrica mediante vapor geotérmico, con su inventor, el príncipe Piero Ginori Conti.
 (Fuente: http://www.geothermal-energy.org/317,spanish_translation.html)

El éxito de estas experiencias fue una clara demostración del valor industrial de la energía geotérmica y marcó el comienzo de una forma de explotación que se ha desarrollado significativamente desde entonces. La generación de electricidad en Larderello fue un suceso comercial.

En 1942 la capacidad geotermo-eléctrica instalada alcanzaba los 127.650 kWe pronto, varios países siguieron el ejemplo de Italia; en 1919 los primeros pozos geotermales de Japón fueron perforados en Beppu, seguidos en 1921 por pozos perforados The Geyser, California, USA, y en el Tatio, Chile. En 1958 entra en operación una pequeña planta geotermoelectrica en Nueva Zelanda, en 1959 otra en México, en 1960 en USA, seguidos por otros países en los años siguientes.³

El Instituto Geotérmico de Nueva Zelanda, dependiente de la Universidad de Auckland, es pionero en la investigación geotérmica y en el desarrollo de tecnología para aprovechar esa energía. Fue creado en 1978, a petición de las Naciones Unidas en el marco de su Programa de Desarrollo, ante la necesidad de un centro que pudiese formar a nuevos expertos en energía geotérmica procedentes de otros países.

Es también a partir de esa década, como consecuencia de las alzas de los precios del crudo, pero particularmente a partir de la década de los noventa, bajo la presión de las exigencias ambientales y, más particularmente, de la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, cuando el empleo de bombas de calor geotérmicas empieza a conocer un desarrollo prometedor a nivel internacional.

En menos de 15 años se ha llegado a la situación actual, con más de un millón de instalaciones, no sólo en América del Norte, Estados Unidos y Canadá, sino también en algunos países europeos, particularmente en Suecia, Suiza, Alemania y Austria. Sólo en Suecia, existen hoy en día más de 400.000 bombas de calor instaladas.

En el año 2000, la capacidad geotermo-eléctrica instalada a nivel mundial era de 8.000 MWe, pasando a 9.000 MWe en el año 2005. Por lo que respecta a los usos no eléctricos de la energía geotérmica, en el año 2000 la capacidad instalada en 59

países era de unos 15.000 MWt. Pero en 2005, la capacidad instalada en 72 países ascendió a alrededor de 28.000 MWt, de los cuales unos 15.000 MWt correspondían a bombas de calor geotérmicas.

En la figura 28 se observa el mapa de distribución mundial de los principales países productores de energía eléctrica de origen geotérmico en el año 2000.



Figura 28. **Principales países productores de energía eléctrica geotérmica (potencia instalada en el año 2000).**
 (Fuente: http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf)

Mientras que en la figura 29 se pueden ver los países que aprovechan la energía geotérmica para usos directos del calor, en el mismo año.

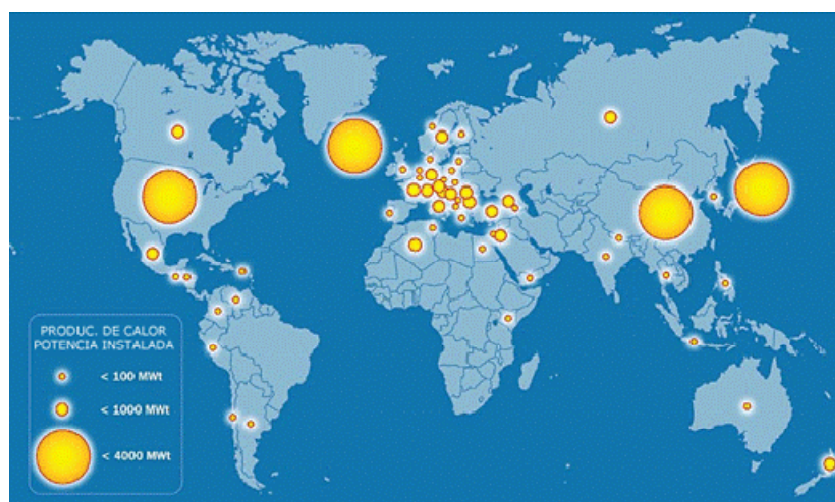


Figura 29. **Producción de calor por países (potencia instalada en el año 2000).**
 (Fuente: http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf)

En determinados lugares se dan condiciones especiales como son capas rocosas porosas y capas rocosas impermeables que atrapan agua y vapor de agua a altas temperaturas y presión y que impiden que éstos salgan a la superficie. Si se combinan estas condiciones se produce un yacimiento geotérmico. Por esa razón la



geotermia es una fuente de energía renovable ligada a volcanes, géiseres, aguas termales y zonas tectónicas geológicamente recientes, es decir, con actividad en los últimos diez o veinte mil años en la corteza terrestre. “La actividad volcánica sirve como mecanismo de transporte de masa y energía desde las profundidades terrestres hasta la superficie”. Se relaciona con dos tipos de recursos explotables por el ser humano: la energía geotérmica y algunos tipos de yacimientos minerales, que son depósitos de origen magmático e hidrotermal.

La energía que llega cada segundo a la superficie de la Tierra, desde su interior, en forma de calor es de 4.2×10^{13} J. convirtiéndose en una importante fuente de energía.

En la tabla siguiente (tabla 1) se compara con algunas de las principales transacciones de energía: la energía que nos llega del Sol, la energía liberada por los terremotos y la energía perdida por la disminución de la velocidad de rotación de la Tierra. Aunque la energía que recibimos del Sol es cuatro órdenes de magnitud superior a la geotérmica, aquella, sólo penetra algunas decenas de centímetros bajo la superficie de la Tierra.

Desde un punto de vista únicamente energético, el calor que nos llega del Sol sirve para mantener la superficie del planeta a una temperatura promedio (alrededor de 15 °C) y es irradiada de nuevo al espacio, de manera que no interviene en los procesos energéticos que afectan al interior de la Tierra.

Las principales transacciones de energía en la tierra	
Proceso	Potencia W
Energía solar recibida (y vuelta a irradiar)	2×10^{17} .
Energía geotérmica	4.2×10^{13} .
Perdida de energía por la disminución de rotación de la tierra	9.5×10^{11} .
Energía liberada por los terremotos	10^{11} .

Tabla 1.

Todos los procesos geodinámicos que suceden en la Tierra son controlados por la transferencia y generación de calor en su interior. Desde los procesos más superficiales, hasta los volcanes, intrusiones, terremotos, formación de cordilleras y metamorfismo.

3.3. CONCEPTO DE GEOTERMIA

Geotermia es una palabra de origen griego, deriva de “*geos*” que quiere decir tierra, y de “*thermos*” que significa calor: el calor de la Tierra. Se emplea indistintamente para designar tanto a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta como al conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o calor útil al ser humano.



La Geotermia en términos sencillos se puede definir como el aprovechamiento del calor interno de la Tierra.

También se puede definir la energía geotérmica como el calor almacenado por debajo del nivel del suelo. Esta definición es oficial en Alemania (VDI 4640) y ha sido adoptada por el Consejo Europeo de Energía Geotérmica (EGEC). Engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia.

El calor interno de la Tierra es una fuente duradera de energía para generar calor, frío y electricidad entre otras manifestaciones de la energía, no depende de las condiciones climáticas, ni de las estaciones del año, ni de una hora determinada del día. Esencialmente este calor está presente en la Tierra debido a la radioactividad natural de las rocas que componen la corteza terrestre y de manera menor a la aportación de los intercambios térmicos con las zonas más profundas de la Tierra además del Sol. Basándonos en este concepto llamamos geotermia al estudio y la utilización de ese calor.

Temperaturas con una media superior a 1.000 °C prevalecen en el 99 % de la masa de la Tierra, sin embargo temperaturas medias inferiores a 100 °C solo son localizables en los 3 primeros kilómetros más próximos a la superficie lo que representa solamente el 0,1 % del total.

La temperatura media de la Tierra en Europa se eleva a aproximadamente 14 °C a una profundidad de 10 a 25 m, a distancias más cercanas a la superficie las condiciones climáticas externas tienen una influencia sobre la temperatura y en las capas más profundas reina la Ley del gradiente geotérmico (medio europeo) que dice: "La temperatura aumenta de 1 °C por cada 33 m de profundidad adicional" aproximadamente.

La utilización del calor de la Tierra no para de crecer, tanto en el ámbito de la generación de calor y frío como en la generación de electricidad. Innegablemente y evidentemente el entorno geológico influye de forma determinante en los modos y en las distintas técnicas de generación y aprovechamiento de la energía Geotérmica.

A esto hay que añadir que los estudios Geotérmicos más recientes, que se están llevando a cabo alrededor de todo nuestro planeta, demuestran que existe en el subsuelo más energía, en solo los primeros 3000 m, del que la Humanidad pueda gastar jamás.

En cuanto a lo que a España se refiere, cabe destacar que con el aprovechamiento eficiente de solo el 0.5% de la energía existente hasta una profundidad de 3.000 m bajo nuestros pies, sería suficiente para satisfacer a lo largo de más de 100.000 años todas las necesidades energéticas.

No es de extrañar que la inversión económica en I+D+i de sistemas geotérmicos profundos y superficiales, en estos últimos 5 años se ha multiplicado por 1.500 y sigue en progresión exponencial.

Hay una creencia muy concurrecida que dice que no en todos los sitios hay geotermia, pero esa afirmación es errónea; ya que la corteza terrestre tiene como media aritmética unos 30 kilómetros de profundidad, y a esa profundidad hay unos mil grados en todos los puntos.

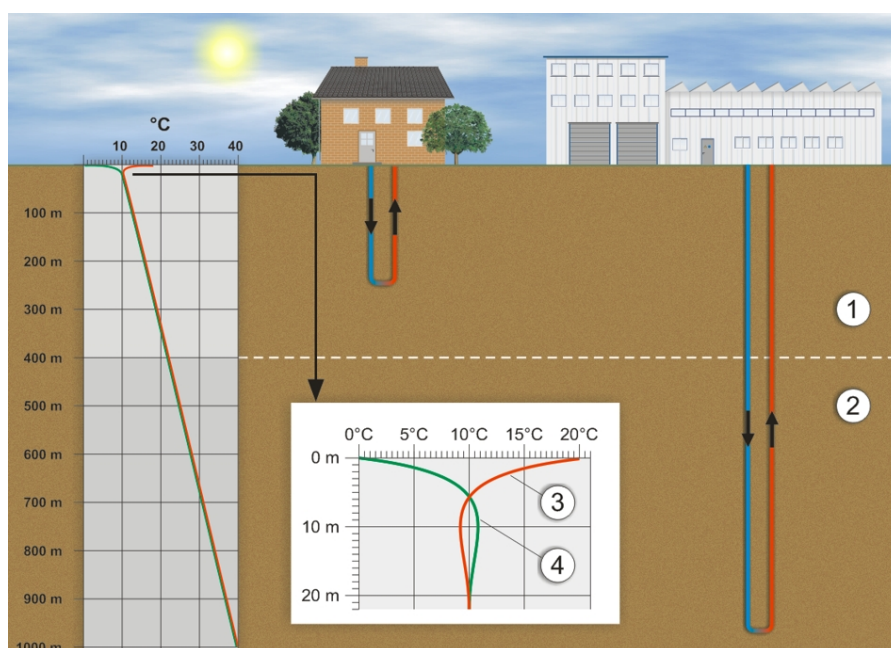


Figura 30. **Geotermia de alta profundidad y cercana a la superficie.**
 (1. Geotermia cerca de la superficie, 2 Geotermia de alta profundidad, 3 Temperatura (verano),
 4 Temperatura (invierno))
 (Fuente: http://www.gunt2e.de/s4963_3.php)

La geotermia en algunos puntos está a flor de piel y en otros puntos estará más profunda pero en cualquier sitio de la corteza terrestre hay geotermia. Poniendo de ejemplo a España podemos nombrar las Islas Canarias o Cabo de Gata, en Almería donde sobre unos 30 metros tenemos agua caliente. También en Almería, en El Elegido hay un punto a 800 metros que llega a tener una temperatura de 80°C.

El record de profundidad para aprovechamiento geotérmico se encuentra en Siberia (Rusia) y es de 12000 metros el cual se realizó en los años 70.

3.3.1. ENERGÍA GEOTÉRMICA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

Las aplicaciones que se pueden dar a un fluido geotermal dependen de su contenido en calor, o lo que es lo mismo, de su entalpía.



Como no existen aparatos que determinen directamente la entalpía de un fluido en el subsuelo, pero sí existen sondas térmicas que miden la temperatura, y como la entalpía y la temperatura pueden considerarse, más o menos, proporcionales, la práctica habitual ha generalizado el empleo de las temperaturas de los fluidos geotermales en lugar de sus contenidos en calor, pues, al fin y al cabo, son las temperaturas las que determinan su futura aplicación.

En la figura 31 se muestran las aplicaciones más importantes de la energía geotérmica con los rangos de temperatura de utilización, y estableciendo una agrupación de la energía geotérmica, entre cuatro intervalos de temperatura: **muy baja, baja, media y alta temperatura**.

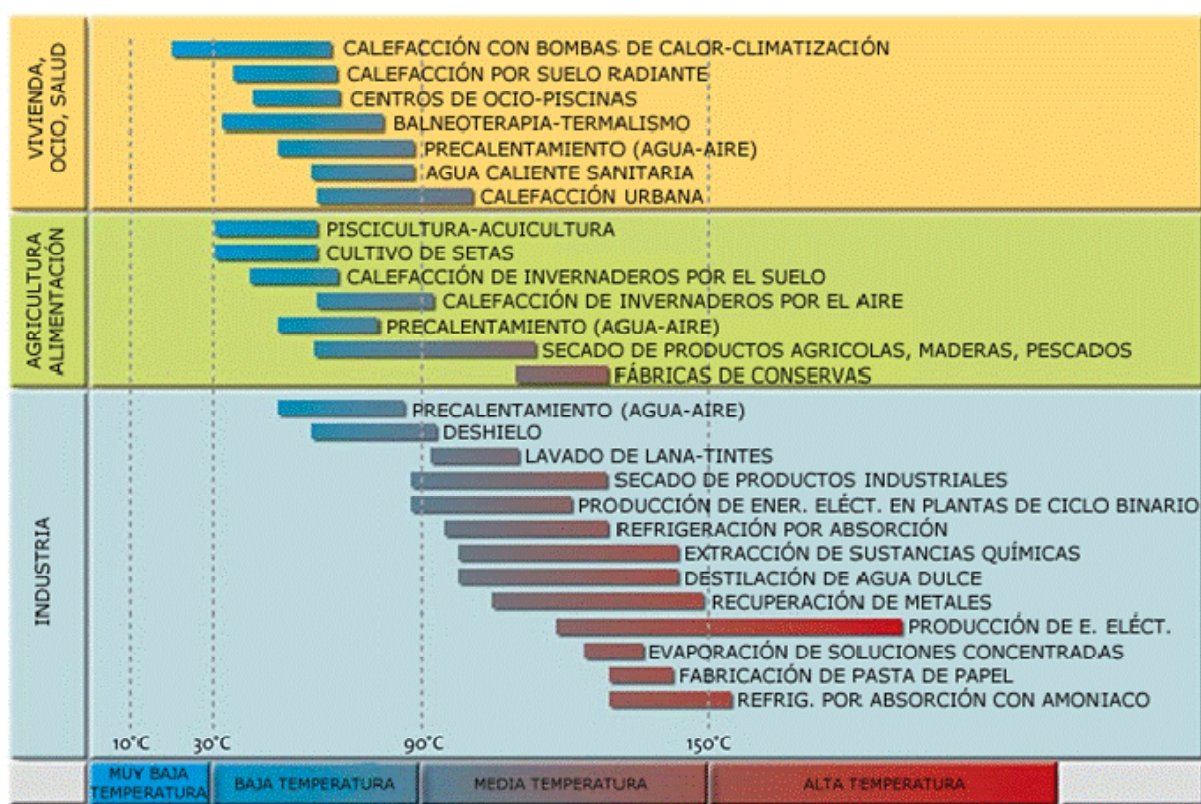


Figura: 31

(Fuente: http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf)

A continuación, se van a describir cada una de esas cuatro categorías para la energía geotérmica:

- La **energía geotérmica de alta temperatura** existe en las zonas activas de la corteza terrestre (zonas volcánicas, límites de placas litosféricas, dorsales oceánicas). A partir de acuíferos cuya temperatura está comprendida entre 150 °C y 400 °C, se produce vapor en la superficie que enviando a las turbinas, genera electricidad. Se requieren varios parámetros para que exista un campo geotérmico: un techo compuesto de un cobertura de rocas impermeables; un deposito, o acuífero, de permeabilidad elevada, ente 300m y 2000m de profundidad; rocas fracturadas que permitan una circulación convectiva de fluidos, y por lo tanto la trasferencia de calor de la fuente a la

superficie, y una fuente de calor magmático (entre 3 y 10 km de profundidad a 500-600 °C). La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

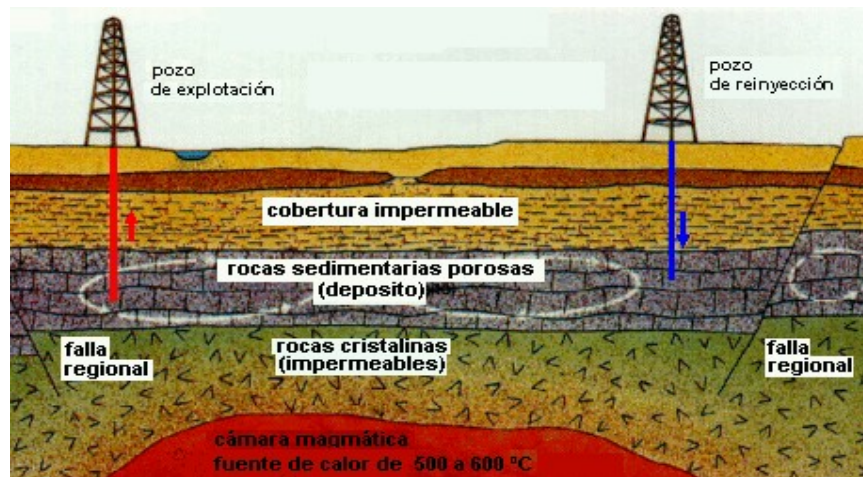


Figura: 32. **Campo geotérmico de alta temperatura**
(Fuente: <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno98/eolica/eolica.htm>)

- La **energía geotérmica de media temperatura** es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas (70-150 °C). Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza a un menor rendimiento, y debe utilizarse como intermediario un fluido volátil. Pequeñas centrales eléctricas pueden explotar estos recursos.
- La **energía geotérmica de baja temperatura** es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores; por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias. Es debida al gradiente geotérmico. Los fluidos están a temperaturas de 60 a 80 °C. Se utiliza para la calefacción de las viviendas, principalmente en Islandia y en Francia⁵.

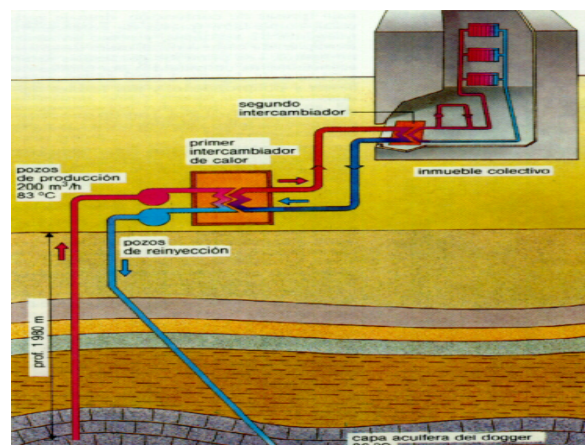


Figura: 33. **Campo geotérmico de baja temperatura.**
(Fuente: <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno98/eolica/eolica.htm>)

- La **energía geotérmica de muy baja temperatura** se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas comprendidas entre 20 y 60 °C. Esta energía se utiliza para necesidades domésticas calefacción y climatización de viviendas necesitando emplear bombas de calor geotérmicas, zonas urbanas o agrícolas (calentamiento de invernaderos, como se utiliza en Hungría). (Calentamiento de invernaderos, como se utiliza en Hungría).



Figura 34. La central de Melun, Francia (utilización de la energía geotérmica de baja temperatura para la calefacción de viviendas)
 (Fuente: <https://sites.google.com/site/energiageotermic/home/fundamentos-fisicos>)

La frontera entre energía geotérmica de alta temperatura y la energía geotérmica de y baja temperatura es un poco arbitraria; se puede decir que esta última es la temperatura por debajo de la cual no es posible ya producir electricidad con un rendimiento aceptable.

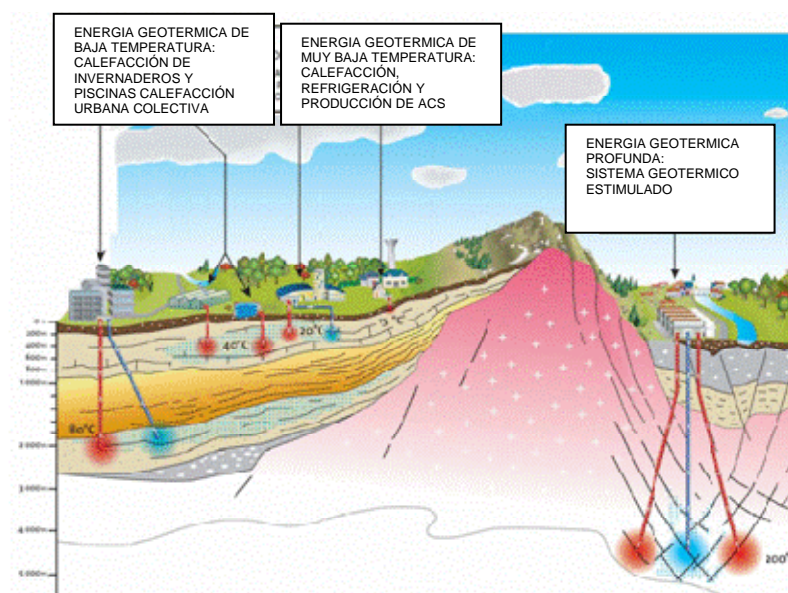


Figura: 35
 (Fuente: http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf)

3.3.2. USOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

a) VIVIENDA OCIO Y SALUD

▪ ***Calefacción con bombas de calor geotérmica.***

En Estados Unidos, la mayor parte de las bombas de calor geotérmicas para climatización de viviendas están dimensionadas para cubrir cargas pico de refrigeración, y se encuentran sobredimensionadas para calefacción salvo en los estados del norte, por lo que el valor medio estimado de horas de operación al año es de sólo 2.000 (factor de capacidad = 0,23). Por el contrario, en Europa la mayoría de las bombas de calor geotérmicas están dimensionadas para proporcionar la carga base de calefacción, mientras que los picos se cubren con combustibles fósiles. De ahí que sus horas/año de operación superen con frecuencia las 6.000 a plena carga (factor de capacidad de 0,68), tal como ocurre en los países nórdicos. No obstante, salvo que se conozca el valor exacto, el dato que suele emplearse como referencia para calcular la energía utilizada es de 2.200 horas, excepto en el ya mencionado caso de los países nórdicos.

▪ ***Calefacción con bomba de calor geotérmica en suelo radiante.***

La combinación de suelo radiante y de una bomba de calor geotérmica produce una climatización de gran confort, limpia, invisible, sin necesidad de almacenar combustibles y sin olores. La misma instalación produce calefacción en invierno y refrigeración en verano. La economía de funcionamiento, sencillez de uso, y amplias posibilidades de regulación y control lo convierten en un sistema idóneo para cualquier vivienda o construcción individual. Con la misma instalación se dispone también de agua caliente sanitaria además de refrigeración, al tratarse de un sistema reversible. Es posible, además, utilizar la bomba de calor para calentar el agua de la piscina.

▪ ***Calefacción de recintos.***

La capacidad instalada y la energía utilizada para este tipo de aplicación en 2010 ascienden, respectivamente, a 5.391 MWt y 62.984 TJ/año, cifras que representan sendos incrementos del 24% y del 14% respecto al año 2005. Según se indicó anteriormente, el 85% de la capacidad instalada y el 84% de la energía utilizada corresponden a sistemas de calefacción centralizada (*district heating*). Los países líderes en la utilización de estos últimos son Islandia, China, Turquía, Francia y Rusia, mientras que entre los mayores usuarios de los sistemas individuales figuran Turquía, Italia, Estados Unidos, Japón y Georgia.

b) AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

▪ ***Calefacción de invernaderos.***

La capacidad instalada y la energía utilizada para estas aplicaciones alcanzan en el año 2010 un total de 1.544 MWt de capacidad y 23.264 TJ/año respectivamente, lo



que supone sendos incrementos del 10% y del 13% respecto a 2005. Las posiciones de cabeza entre los 37 países que emplean energía geotérmica para este fin corresponden a Turquía, Hungría, Rusia, China e Italia. Verduras y flores son los cultivos más frecuentes en estas instalaciones. La cifra de energía utilizada antes mencionada corresponde aproximadamente a 1.163 hectáreas de invernaderos calentados al año (unos 20 TJ/año por hectárea).

- ***Aplicaciones en acuicultura.***

La capacidad instalada para este tipo de aplicaciones (653 MWt) se incrementó respecto a 2005 un 6%, y un 5% en lo referente a la energía utilizada (11.521 TJ/año). Ello ha supuesto una inversión de la tendencia decreciente que venía manifestándose desde el año 1995. El número de países que emplean esta tecnología asciende a 22, entre los que destacan China, Estados Unidos, Italia, Islandia e Israel. Tomando como referencia una cifra estimada para Estados Unidos de 0,242 TJ/año por tonelada de pescado, la producción asociada al consumo de energía geotérmica en 2010 habría ascendido a unas 47.600 t de este producto.

- ***Aplicaciones de secado de productos agrícolas.***

El número de países en los que existe constancia del empleo de energía geotérmica para el secado de diversos tipos de grano, verduras, frutas etc., es de sólo 14 en el año 2010, con una capacidad instalada de 127 MWt y una energía utilizada de 1.662 TJ/año.

c) INDUSTRIA

- ***Aplicaciones asociadas a procesos industriales.***

Si bien el número de países que emplean esta fuente de energía para usos industriales está descendiendo, las operaciones realizadas tienden a incrementar su magnitud y a elevarse los consumos energéticos. Entre sus aplicaciones destacan el curado de hormigón, embotellado de agua y bebidas carbonatadas, pasteurizado de leche, industria del cuero, extracción química, procesado de pulpa y papel, etc. La capacidad instalada y la energía utilizada ascienden actualmente a 533 MWt y 11.746 TJ/año respectivamente. Este tipo de aprovechamiento posee el factor de capacidad más elevado entre los usos directos (0,70), debido a que se trata de procesos industriales que operan durante gran parte del año.

- ***Fundido de nieve y refrigeración de recintos.***

Se trata de aplicaciones muy limitadas. La primera de ellas se reduce a una serie de proyectos en Argentina, Islandia, Japón, Suiza y Estados Unidos, con un total de 2 millones de metros cuadrados de pavimento calentado con esta energía, la mayor parte en Islandia, con requerimientos que oscilan entre 130 y 180 W/m². La capacidad instalada es de 311 MWt y la energía utilizada de 1.845 TJ/año, valores



que, en el caso de las aplicaciones para refrigeración, se reducen a 56 MWt y 281 TJ/año.

▪ **Aplicaciones en balnearios y piscinas.**

Básicamente se refieren al empleo de energía geotérmica para el calentamiento de piscinas y en usos relacionados con la industria balnearia (spas, resorts, balneoterapia...). En estos últimos es frecuente que el agua termal fluya de forma continua. Pese a lo extendido de su uso actualmente son 67 los países que informan de su empleo, y algunos más los que lo hacen aunque sin aportar datos concretos, no siempre es posible cuantificarlos, si bien pueden emplearse como cifras características de una instalación tipo las siguientes: 0,35 MWt y 7,0 TJ/año. A escala mundial, la capacidad instalada alcanza en 2010 un valor de 6.689 MWt, con una energía utilizada de 109.032 TJ/año, lo que representa un 24% y un 31% más, respectivamente, que las cifras del año 2005. Las más elevadas corresponden a China, Japón, Turquía, Brasil y México.

▪ **Otros usos.**

Comprenden aplicaciones en granjas de animales, cultivo del alga *espirulina*, esterilización de recipientes, destilación de agua dulce, extracción de sustancias químicas y desalinización. La capacidad instalada y la energía utilizada en los siete países que aportan información al respecto ascienden, respectivamente, a 41 MWt y 956 TJ/año.

En la figura 36 se puede ver a modo de resumen piramidal las temperaturas necesarias para el uso de la energía geotérmica en los diferentes sectores indicados anteriormente.

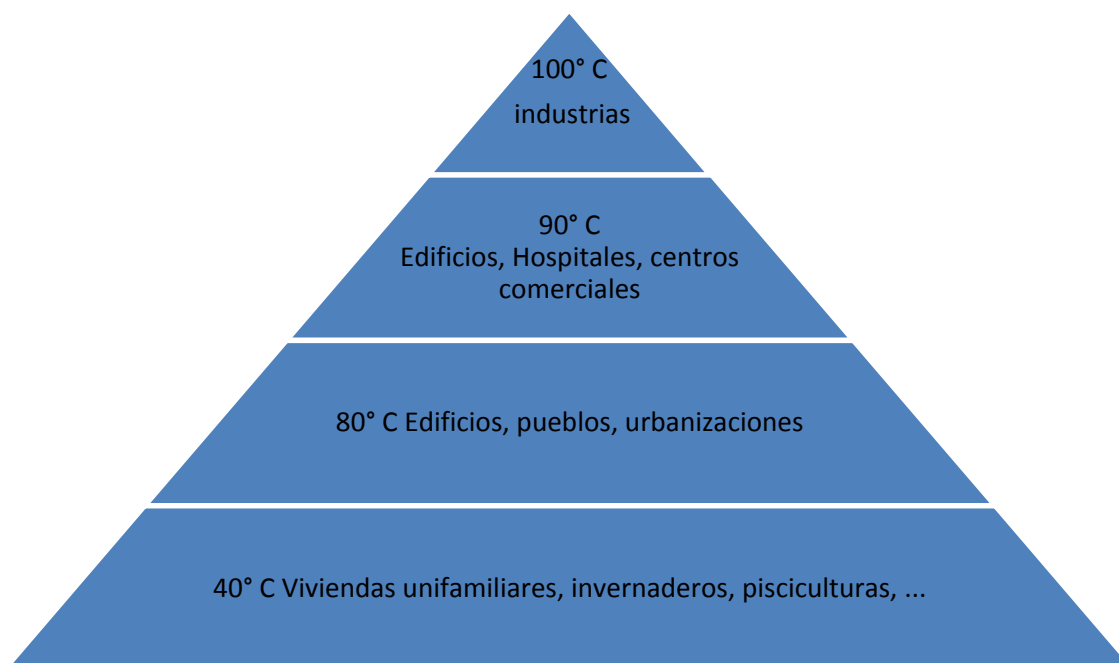


Figura: 36. Resumen piramidal del uso de la energía geotérmica en diferentes sectores.



La idea está en que si se hace una perforación muy profunda, se pretende amortizar dicha perforación fusionando varios sectores, según la pirámide de calor.

Se puede abastecer las necesidades de una industria, el resto de la energía se puede consumir en un hospital cercano, el siguiente salto térmico se puede utilizar en una urbanización y así aprovechar todo el calor que genera la geotermia. De este modo se aprovechan todos los saltos térmicos que se producen eficientemente y así, la amortización de dicha perforación se realiza en menor tiempo disfrutando de una energía limpia y barata. Concluyendo podemos decir que cada vez que se realice geotermia profunda debemos intentar unir varios sectores para que toda la energía que se produce pueda ser consumida y así tener una rápida amortización de la instalación.

3.3.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Las ventajas de la energía geotérmica son tanto ambientales como económicas, por lo que es preciso profundizar en su conocimiento y extender sus aplicaciones sobre todo en climatización de edificios, tal como desde hace años se está haciendo en otros países europeos.

Ventajas:

- Su coste es bajo y no implica riesgos.
- Es una energía limpia y tiene un bajo mantenimiento.
- Es una energía renovable.
- Es una fuente que evitaría la dependencia energética del exterior.
- Es constante 24 horas al día.
- Los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo y el carbón.
- Sistema de gran ahorro, tanto económico como energético.
- Ausencia de ruidos exteriores.
- Los recursos geotérmicos son mayores que los recursos de carbón, petróleo, gas natural y uranio combinados.
- No está sujeta a precios internacionales, sino que siempre puede mantenerse a precios nacionales o locales.
- El área de terreno requerido por las plantas geotérmicas por megavatio es menor que otro tipo de plantas. No requiere construcción de represas, tala de bosques, ni construcción de conducciones (gasoductos u oleoductos) ni de depósitos de almacenamiento de combustibles.



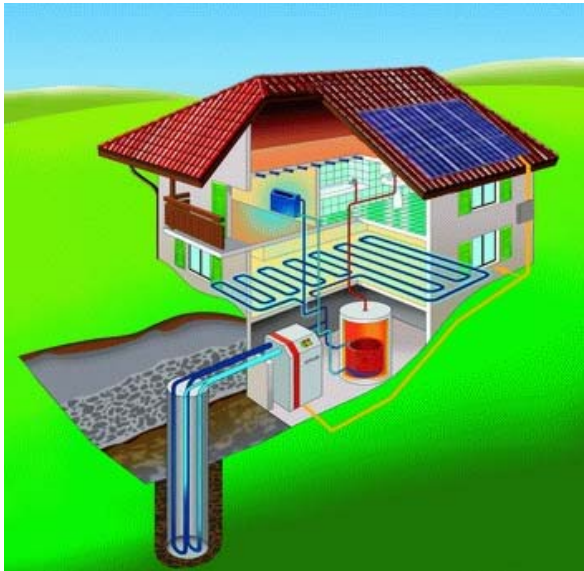
- La emisión de CO₂, con aumento de efecto invernadero, es inferior al que se emitiría para obtener la misma energía por combustión.
- No está sujeta a precios internacionales, sino que siempre puede mantenerse a precios nacionales o locales.
- La energía geotérmica es muy abundante
- Después de la construcción de una planta de energía geotérmica, hay muy poco mantenimiento en el cual invertir tiempo o dinero.
- Su rendimiento y su vida útil es muy superior al de los sistemas tradicionales.
- Son capaces de proporcionar calefacción y refrigeración en un solo sistema y sin necesidad de sistemas auxiliares (chimeneas y depósitos de combustible).
- Son sistemas altamente flexibles, pues permiten cubrir nuevas necesidades energéticas, simplemente aumentando el número de pozos.
- Ahorros energéticos respecto a las bombas de calor convencionales de, aproximadamente, un 50%. La causa de este ahorro es que esta tecnología intercambia calor con la tierra en vez de con el aire, y las temperaturas medias del terreno tanto en verano como en invierno son más moderadas que las exteriores y, por lo tanto, más cercanas a la temperatura ambiente que se pretende conseguir en el interior de los edificios.
- No necesitan torres de refrigeración para realizar la condensación, en consecuencia se elimina la producción de legionela, bacteria originada en estas torres y que tantos problemas de salud está causando.
- Integración arquitectónica, ya que el sistema de bomba de calor irá ubicado en un recinto cerrado, ya sea un cuarto de maquinas, un sótano, etc, sin necesidad de elementos exteriores visibles en la fachada o cubierta
- Alta durabilidad del sistema, entre 25 y 50 años, debido, entre otros factores, a que la vida de la bomba de calor, uno de los elementos más caros de la instalación, no se encuentra a la intemperie.
- Disminución de los ruidos asociados al funcionamiento de las bombas de calor al no existir compresores externos.



Inconvenientes:

- Posible contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoníaco...
- Contaminación térmica.
- Deterioro del paisaje.
- En ciertos casos emisión de ácido sulfhídrico.
- Raramente ligera emisión de CO₂.
- Peligro de enfriamiento del magma con las consiguientes consecuencias.
- La energía geotérmica no puede transportarse como energía primaria.
- Se puede acceder a la energía geotérmica en todos sitios la problemática es que en algunos sitios la inversión económica es mayor y a veces inviable que en otros sitios.
- Las centrales geotérmicas son muy grandes y costosas.

CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN GEOTÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA





El sistema geotérmico de calefacción /refrigeración también llamado sistema geotérmico de baja temperatura tal como ya se ha comentado anteriormente, aprovecha la inercia térmica de la tierra a profundidades que van de 2 m hasta 150 m, ya que a partir de unos tres metros de profundidad el subsuelo presenta una temperatura constante de entre 10 C y 16 °C, dependiendo de la latitud del lugar (en España 15°C).

La climatización se realiza aprovechando la diferencia de temperatura entre el subsuelo y al ambiente a través de un colector instalado bajo tierra, que aprovecha en invierno la temperatura más alta de la tierra y en verano la temperatura más baja para la refrigeración de nuestro edificio.

Una de las ventajas más importantes entre este sistema de energía renovable y los demás como el fotovoltaico o el sistema solar térmico es que este sistema no depende de la climatología ni de la época del año.

Este sistema se puede instalar de dos maneras diferentes según nos convenga:

- Sistema de lazo abierto: tiene que haber un pozo, río, embalse o lago cerca de la edificación aunque este sistema puede ser rechazado por la normativa de sanidad del municipio
- Sistema de lazo cerrado: solo necesita espacio suficiente para colocar las tuberías enterradas en el terreno.

Normalmente cuando hacemos nuestra instalación deberemos poner una fuente auxiliar de calor y frío para más seguridad.

4.1. PROCESO DE DISEÑO DEL SISTEMA

El proceso de diseño es una parte crítica del sistema geotérmico, pues un sistema diseñado deficientemente puede tener efectos adversos sobre su desempeño global. Por lo tanto, debemos de tomar todas las precauciones durante este proceso, cuyos pasos son los siguientes:

1. Estudio de las características del terreno.



2. Selección del intercambiador.

El diseño del geointercambiador para un sistema geotérmico requiere información referente a la cantidad de calor transferida hacia o desde el suelo durante un cierto periodo de tiempo, normalmente los meses más calurosos y los más fríos se usan como referencia.

Durante la estación en la que se requiere enfriamiento toda la energía entrante al sistema debe ser expulsada hacia el suelo, y durante los meses invernales se retira calor del suelo en una cantidad igual a la capacidad de la unidad menos la energía eléctrica aportada para su funcionamiento.

3. Determinar las cargas de calefacción y enfriamiento del edificio.

El diseño completo del sistema de calefacción y enfriamiento de un edificio se compone de varios pasos. Cada uno es importante para que el sistema tenga un rendimiento satisfactorio. Sin embargo, las estimaciones de carga de calefacción y enfriamiento son las más críticas, pues todo lo demás en el sistema depende de ellas.

- Las cargas de diseño se utilizan para dimensionar y seleccionar el equipo para un sistema y para diseñar los componentes de calefacción y enfriamiento en concordancia. Las cargas de diseño se basan en condiciones aceptadas o estándar para una ubicación dada.
- Las cargas de energía se utilizan para predecir la energía necesaria para operar el sistema durante un cierto periodo de tiempo. La metodología básica de cálculo puede ser la misma que la de la carga de diseño, sin embargo, se utilizan datos reales de clima y condiciones de operación.
- Las cargas del suelo se asocian con la parte geotérmica y se refieren al diseño del dispositivo de acoplamiento o geointercambiador. En principio, estos cálculos son similares a las cargas de energía excepto por que la carga del suelo es el calor expulsado hacia el suelo (en modo de enfriamiento) o recuperado de él (en modo de calefacción).

4. Selección de la bomba de calor geotérmica

El dimensionamiento del equipo de calefacción o enfriamiento para un sistema es fundamentalmente el paso más importante en el diseño de proceso. Para sistemas residenciales, el equipo está normalmente integrado como una unidad (un conjunto de componentes acoplados diseñados para funcionar como un todo); una vez que se ha seleccionado una unidad, ciertos parámetros quedan determinados o tienen un margen de ajuste muy reducido. Por ejemplo, una unidad se diseña para una tasa de flujo de aire nominal en un sistema de conductos, y solo un pequeño ajuste es posible.

Una bomba de calor basada en agua no es la excepción, pues está diseñada para un rango limitado de tasas de flujo de agua. Por lo tanto, otras partes del sistema tales como los circuitos bajo el suelo (o un sistema de conductos), el geointercambiador y la bomba de circulación deben tener la capacidad apropiada para la bomba de calor.

5. Selección del sistema de distribución del interior de la vivienda.

Esta es otra parte crítica, ya que dependiendo de las condiciones del clima y de los niveles de humedad algunos sistemas pueden resultar completamente inapropiados. Se debe tener cuidado para cumplir con los requerimientos de calefacción y enfriamiento.

A continuación se van a desarrollar cada uno de los pasos que se han indicado en este apartado.

4.2. CARACTERÍSTICAS Y CONDUCTIVIDAD DEL TERRENO

El terreno es el elemento que tiene mayor influencia en el tamaño del intercambiador de calor o lo que es lo mismo de la instalación geotérmica, debido a su capacidad en la transferencia de calor, es decir a su conductividad. Por ejemplo, un terreno ligeramente seco precisará de un lazo de tuberías más largo que un terreno de tipo húmedo.



Figura 37. **Muestras extraídas en una perforación.**

(Fuente: <http://www.boschiventayol.com/es/medios-tecnicos/>)

En la figura 37 puede verse una colección de muestras extraídas en una perforación para un estudio de instalación geotérmica. Y en la tabla 2 se presentan las características de diferentes suelos, indicando sus conductividades y capacidades caloríficas.



Como la tierra no es homogénea ni en composición ni en densidad, y es afectada por la humedad, las características térmicas (conductividad térmica del terreno) pueden variar significativamente con la profundidad. De este modo, a no ser que se conozca el calor medio de la conductividad de la zona, que siempre estará sujeto a variaciones en el terreno particular, donde se va a instalar el sistema geotérmico es recomendable realizar un test de conductividad térmica del terreno.

Propiedades de varios tipos de suelos				
Tipo de suelo	Conductividad (W/m °C)	Difusividad (m²/s)	Densidad (kg/m³)	Capacidad calorífica (KJ/Kg, °C)
Flojo, húmedo (arena suelta, lodo)	0.9	0.000000516	1600	1.05
Flojo, seco (arena suelta, lodo)	0.3	0.000000258	1400	0.84
Denso, húmedo (Caliza arena compactada, barro)	1.3	0.000000645	2100	0.96
Denso, seco (Caliza arena compactada, barro)	0.9	0.000000516	2000	0.84
Roca ligera (caliza)	2.4	0.00000103	2800	0.84
Roca pesada (granito)	3.5	0.00000129	3200	0.84
Escarcha ligera	1.4	0.0000011	1580	0.76
Escarcha densa	2	0.00000137	2070	0.69

Tabla 2. Propiedades de varios tipos de suelos

El ensayo térmico también dependerá del tipo de montaje que se haga en la instalación del intercambiador. En el llamado de lazo cerrado horizontal, la red de tuberías se dispone en trincheras paralelas a una profundidad de 1 a 3 metros, de modo que en este caso el ensayo térmico es inmediato y con un coste mínimo. No ocurre así en los de lazo cerrado vertical, donde la red de tuberías descansa en pozos de pequeño diámetro a profundidades que pueden alcanzar los 100-150 m. En este caso se recomienda realizar el ensayo de respuesta térmica.

4.2.1. TEMPERATURA DE LA TIERRA.

La temperatura de la tierra se considera que es la temperatura media a profundidades mayores de 15 m.

Si hacemos un estudio de la temperatura que tiene el subsuelo a medida que profundizamos en diferentes épocas del año, obtendremos un gráfico como el que se aprecia en la figura 38.

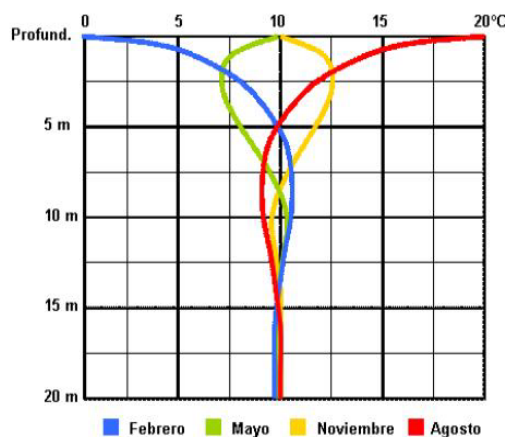


Figura: 38. **Registro anual de la temperatura del suelo**

Fuente: (http://www.girotgeotermia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=134)

En él observamos cuatro curvas:

- **Azul:** En invierno, a medida que profundizamos, la temperatura va aumentando hasta alcanzar un valor fijo de 10 °C.
- **Roja:** En verano ocurre lo contrario; a medida que profundizamos la temperatura desciende hasta los 10 °C.
- **Verde y amarilla:** En primavera y otoño las variaciones son menores, llegando a alcanzar, en profundidad, el mismo valor de 10 °C

A partir de una determinada profundidad, la temperatura del subsuelo es constante, e independiente de la estación anual en la que nos encontremos y por supuesto, independiente de la hora del día o de la noche. Disponemos por ello, a unos pocos metros de nosotros, de una fuente de energía constante a lo largo de todo el año y accesible en todos los lugares.

La temperatura media de la tierra, hasta la profundidad de unos 14 metros, varía entre 0°C (condiciones de escarcha) hasta unos 25°C, dependiendo de la latitud y de la estación del año. Sin embargo la temperatura es constante a partir de los 20 metros de profundidad y aumenta aproximadamente 1°C por cada 33 metros.

La NASA mediante una base de datos de satélites facilita la temperatura del suelo alrededor del globo tal y como se puede ver en la figura 39.

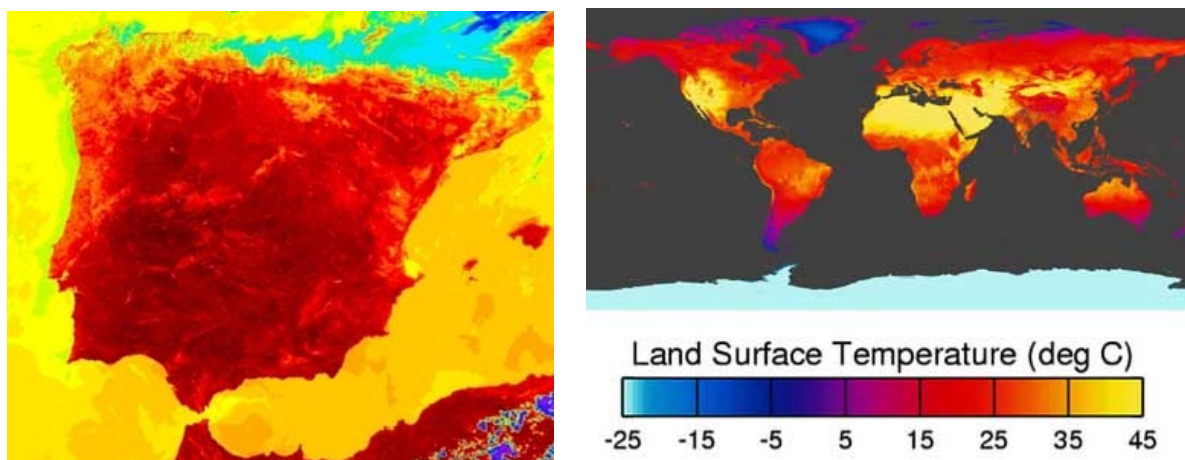


Figura 39. **Temperatura del suelo mundial y en España**
 (Fuente: <http://rabble.ca/columnists/2012/07/protests-continue-occupy-movement-spain>)

Estos valores anteriormente definidos corresponden a valores medios de temperatura del terreno, pero, tal como se ha dicho, la única forma de obtener datos exactos de las necesidades de la instalación es la realización de un ensayo térmico de perforación. Éste permitirá calcular las conductividades térmicas a distintas profundidades y la conductividad media. Además, estos valores podrían confirmarse con el análisis de materiales componentes y a partir de ellos derivar la conductividad térmica y la temperatura media del terreno.

4.2.2. CONDUCTIVIDAD TERMICA

El tipo de terreno que rodea las sondas de captación y, en particular, la conductividad térmica del suelo, es un factor clave en el dimensionado de un sistema geotérmico. La conductividad térmica de un terreno depende fundamentalmente de su densidad, humedad y textura del suelo. En determinadas instalaciones es recomendable realizar un TRT (Test de Respuesta Térmica) del terreno para conocer su conductividad y dimensionar correctamente el sistema.

La conductividad térmica del terreno es muy importante para determinar la longitud del orificio de perforación (pozo) requerido y la separación entre perforaciones.

La conductividad térmica viene definida por:

$$K = \frac{\frac{Q}{A}}{\frac{\Delta T}{\Delta L}} \quad (1)$$

En la que:

Q ; calor que pasa a través de la sección A

ΔT ; diferencia de temperaturas a través de la distancia ΔL

Q/A ; flujo calorífico debido al gradiente de temperaturas $\Delta T / \Delta L$

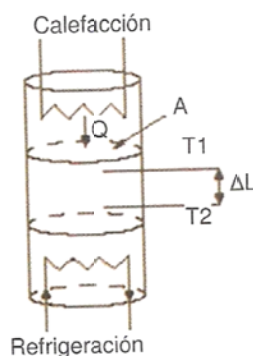


Figura: 40

Fuente: *Energía Geotérmica de baja temperatura* de Antonio Creus Solé

a) ESTUDIO DE RESPUESTA TÉRMICA

Los cálculos de la conductividad se basan en las características geotermias del terreno y se consideran el flujo de agua freática, la porosidad de los estratos y la heterogeneidad del pozo en toda su profundidad. Además, el volumen del terreno utilizado para los ensayos de respuesta térmica es idéntico al que empleará después el intercambiador de calor (tubo en U – terreno) si la instalación sigue adelante.

El éxito de una instalación de climatización mediante bomba de calor geotérmica depende de un correcto dimensionamiento del binomio formado por la bomba de calor y el sistema de captación de energía ya que tendrá que existir un equilibrio entre ambos.

Por tanto uno de los parámetros más importantes en todo diseño de un sistema de captación de energía es la longitud total de captación o lo que es lo mismo, la longitud total de perforación que será necesario realizar. Dicha longitud vendrá determinada por la capacidad que tenga el terreno para transmitir la energía, esto es, por la conductividad térmica del terreno que es una propiedad física de los materiales presentes a lo largo de la perforación.

Esta conductividad se expresa por medio del coeficiente de conductividad del terreno λ que determina la cantidad de energía que pasa por unidad de tiempo y por una superficie de 1 m^2 a una distancia de un metro para crear un aumento de temperatura de 1 K . Sus unidades en el S.I. son $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ($\text{J}/(\text{s}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C})$).

Para instalaciones pequeñas que requieran poca perforación basta con hacer un estudio de la geología presente en la zona y en función de ella hacer una estimación del valor de l según la bibliografía existente.

Sin embargo para instalaciones donde es necesario un gran número de perforaciones, el conocimiento exacto de la conductividad térmica del terreno se hace imprescindible ya que ello nos permitirá dimensionar de forma más precisa el campo de captación energético (longitud total de captación y su disposición), asegurándonos de esta forma el correcto funcionamiento de todo el sistema de climatización. Hay que tener en cuenta que el conocimiento del valor del coeficiente de conductividad del terreno, el cual, nos puede colocar en dos escenarios diferentes en función de que el valor real sea superior o inferior al teórico:



- a. Que hayamos estimado más perforación de la realmente necesaria ($l_{real} > l_{teórico}$).

En este caso al ser la conductividad del terreno mejor de lo que habíamos previsto en un principio, las necesidades de perforación serán menores con el consiguiente ahorro en perforación. Hay que recordar que el coste de la perforación supone un porcentaje importante en el total de la inversión.

- b. Que hayamos estimado menos perforación de la realmente necesaria ($l_{real} < l_{teórico}$).

En este caso nos hubiésemos quedado cortos en nuestro sistema de captación y por tanto nuestro sistema de climatización hubiese tenido un consumo mayor (menor ahorro energético) o simplemente no hubiese funcionado correctamente.

b) CONDICIONES PARA EL ENSAYO DE RESPUESTA TÉRMICA.

Durante el ensayo, se registran ocho parámetros cada minuto:

- Temperatura de entrada y salida del fluido intercambiador de calor
- Temperatura exterior e interior del modulo
- Presión de entrada y salida del fluido de trabajo al intercambiador de calor
- Caudal del fluido de trabajo
- Consumo de energía.

Una vez realizado el ensayo los datos registrados pueden ser analizados mediante un programa informático, lo que permitirá deducir la conductividad térmica a varias profundidades, la conductividad media del terreno y la resistencia térmica entre el fluido de trabajo y las paredes del orificio.

➤ EQUIPO UTILIZADO EN EL ENSAYO

Se realiza en circuito cerrado con un tubo en U introducido en el orificio de perforación y montados en serie, una bomba, un medidor de caudal, un calefactor y dos sondas de temperatura que miden la temperatura a la entrada y a la salida del caudal del fluido de trabajo (figura 41). El ensayo dura 50 horas como mínimo.



Figura: 41
 (Fuente: www.geotermiasolar.net)

Realizado el ensayo se prepara un informe con gráficos que indican la evolución de las temperaturas, los caudales y las presiones, antes y después del aporte de calor.

Es muy útil un registrador digital (figura 42), ya que permite registrar un gran número de variaciones de modo gráfico o en hojas electrónicas tipo Excel, utilizando generalmente un pendrive de registro para llevar las variables a un ordenador



Figura: 42. **Registrador digital**
 (Fuente: <http://www.electromatica.cl/registadores.html>)

Las hojas tipo Excel facilitan en gran manera la obtención de los datos más importantes del terreno, la λ = conductividad térmica de la tierra (W/m K) y la R_b (resistencia térmica entre el fluido de trabajo y las paredes del orificio) (K/(W m)).

➤ MUESTREO DE MATERIAL A VARIAS PROFUNDIDADES

El análisis de la composición de las muestras proporciona una información adicional de las propiedades del terreno. El análisis se efectúa en el laboratorio o bien en el campo con un ensayo de respuesta especial. Incluso con la información obtenida puede comprobarse si los valores de λ han sido bien calculados.

Sonda	Profundidad (m)	Litología	Conectividad Térmica matriz λ_m (W/m,K)	$\Delta\lambda_m$ (W/m,K)	Densidad de la Matriz ρ_m (g/cm ³)	Porosidad efectiva ϕ_{eff}	$\Delta\phi_{eff}$	Conectividad Térmica de la muestra saturada de agua λ_f (W/m,K)	Error de la medición $\Delta\lambda_f$ (W/m,K)
IW - 1	5 - 18	Arcilla						1,69	0,05
IW - 2	18 - 28	Gravilla	3,55	0,18	2,69	0,20	0,05	2,50	0,11
W - 1	72 - 80	Arenisca	2,89	0,07	2,48	0,20	0,05	2,12	0,06
W - 2	104 - 106	Marga	2,19	0,09	2,34	0,20	0,04	1,70	0,02
IW - 3	112 - 126	Marga / Arenisca fina	2,17	0,09	2,48	0,17	0,02	1,74	0,01
W - 3	148 - 152	Arenisca fina / Marga	2,37	0,2	2,59	0,15	0,01	1,95	0,03
IW - 4	150 - 160	Arenisca fina / Marga	2,64	0,07	2,53	0,12	0,02	2,23	0,02
IW - 5	210 - 226	Arenisca fina / Marga	2,69	0,20	2,57	0,13	0,01	2,22	0,03
IW - 6	228 - 248	Arenisca media / Marga	2,62	0,14	2,57	0,13	0,01	2,17	0,02
W - 4	252 - 272	Marga / Caliza	2,20	0,07	2,55	0,16	0,01	1,79	0,01
IW - 7	278 - 298	Marga	2,07	0,15	2,46	0,17	0,02	1,69	0,02

Figura: 43. **Datos petrofísicos en muestras de material a lo largo del orificio.**
(Fuente: Geowat AG. "Energía Geotérmica de Baja Temperatura de Antonio Creus Solé")

Un valor en la conductividad térmica de la muestra saturada (1,69) indica arcilla, los valores intermedios señalan terreno con mezclas de caliza. Un valor alto (2,5) indica gravilla.

Si se encuentra agua puede pensarse en la posibilidad de utilizar un sistema abierto, más barato de instalación pero más caro de mantenimiento que además debe tener la garantía de no contaminar el terreno y cumplir con las leyes locales.

El nivel de agua freática puede ser estimado viendo el punto de separación entre la temperatura de referencia y la de la extracción de agua, tal u como se puede ver en el gráfico de la figura 44.

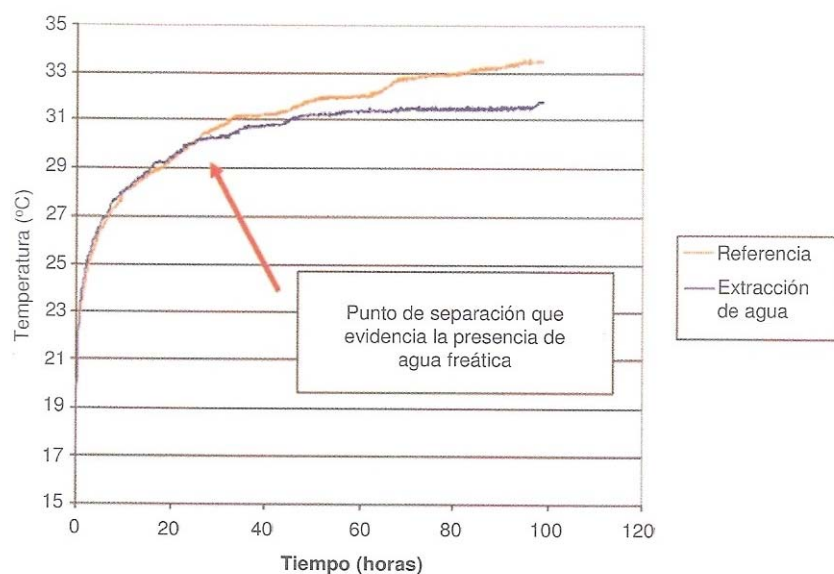


Figura: 44

(Fuente: *Energía Geotérmica de baja temperatura de Antonio Creus Solé*)

En cualquier parte de la geografía de España, si se desea aprovechar la energía geotérmica contenida en las capas más someras del subsuelo, se puede llevar a cabo una estimación del número y profundidad de sondeos necesarios en función de la potencia térmica total necesaria (vatios) y el valor de la potencia térmica superficial asignada a ese punto en el mapa elaborado (vatios/m). Caso de llevarse a cabo la operación, será necesario, en el primer sondeo que se realice, llevar a cabo un ensayo de respuesta térmica, para concretar con más seguridad el dato de capacidad térmica de los terrenos y diseñar definitivamente las instalaciones⁶.

4.3. CONSOLIDACIÓN DEL POZO

Al ir construyendo el pozo es importante que el orificio esté bien alineado, ya que si no está así será difícil introducir los (60 a 150 metros) de tubo en U de polipropileno.



Figuras 45

(Fuente: <http://www.proyener.com/Geotermia.htm>)

Una vez realizada la perforación debe estabilizarse forrándola con un tubo de acero o de PVC con una longitud mínima de 5 metros.

4.4. COLOCACIÓN Y PRUEBA DEL TUBO DE POLIETILENO.

La tubería de polietileno de alta densidad (HDPE—High Density Polyethylene Piping) es la única recomendada para tubos en U, horizontales o verticales. Es muy flexible, muy resistente al desgaste y posee unas razonables características de transferencia de calor. Su vida útil garantizada es de 30 años como mínimo. La tubería puede unirse por fusión con calor, lo que crea una unión muy fuerte. Sus características se ven en la tabla inferior.

Antes de introducir el tubo en U, se le añade peso para facilitar su introducción en la tubería. Cada tres metros aproximadamente se le pega al tubo cinta americana o similar para darle rigidez.

Una vez el tubo está totalmente introducido en el orificio, se prueba a presión con agua o aire se llena de agua y se purga.

Características del tubo de polipropileno de alta densidad						
Diámetro nominal del tubo	Ø	16	20	25	32	
Ø Exterior	mm	16	20	25	32	
Espesor de pared	mm	2.3	1.9	2.3	2.9	
Longitud de rollo	M	100	120	25/50	25/50	
Peso x metro	kg	0.101	0.116	0.169	0.27	
Características físicas del tubo de polipropileno de alta densidad						
Presión de trabajo	20º DIN 16893 kg/m ²	24	16	16	16	
	60º DIN 16893 kg/m ²	16	10	10	10	
	95º DIN 16893 kg/m ²	10	6	6	6	
Rango de temperaturas	ºC	-100 a +120				
Coeficiente de expansión lineal a 20ºC	mm/ºC	1.40 · 10 ⁻⁴				
Coeficiente de expansión lineal a 100ºC	mm/ºC	2.05 · 10 ⁻⁴				
Temperatura de reblandecimiento	ºC	133				
Conductividad térmica Kcal/m h (W/(m · K))	ºC	0.37 (0.43)				
Radio de curvatura en frio	mm	60	100	135	150	
Radio de curvatura en caliente	mm	40	50	65	75	

Tabla 3. Características del tubo de polipropileno para instalación geotérmica de baja temperatura

Las características típicas de un pozo perforado pueden verse en la tabla inferior (tabla 4):

Propiedades típicas del pozo			
Diámetro del pozo (m)	0.114	Capacidad calorífica volumétrica del subsuelo ($\text{MJ}/\text{m}^3 \cdot \text{k}$)	2.5
Longitud del pozo (m)	72	Capacidad calorífica volumétrica del cemento inyectado ($\text{MJ}/\text{m}^3 \cdot \text{k}$)	3.9
Diámetro interior del tubo en U (m)	0.02744	Capacidad calorífica volumétrica del tubo en U ($\text{MJ}/\text{m}^3 \cdot \text{k}$)	1.77
Diámetro exterior del tubo en U (m)	0.03341	Coefficiente de convección del fluido ($\text{MJ}/\text{m}^3 \cdot \text{k}$)	1.69
Separación de fijaciones (m)	0.01583	Coefficiente de calor de entrada (M/m)	40.4
Conductividad del suelo ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{k}$)	2.5	Tipo de fluido	Agua
Conductividad del cemento inyectado ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{k}$)	0.7443	Temperatura media del fluido $^{\circ}\text{C}$	20
Conductividad del tubo en U ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{k}$)	0.389		

Tabla 4. Características del pozo de una instalación geotérmica.

Uno de los procedimientos de prueba es el ASTM F 2164-02 ensayo de fugas en tuberías de polietileno utilizando sistemas de presión hidrostática. Los valores de presión, temperatura y tiempo medidos con sensores son registrados en un ordenador y mediante un programa informático pueden analizarse posteriormente.

La prueba, aparte de comprobar que el tubo corresponde a los datos proporcionados por el fabricante, sirve para detectar posibles fugas en el tubo en U que descansa al final del pozo, en caso que la soldadura por fusión ni haya sido perfecta.

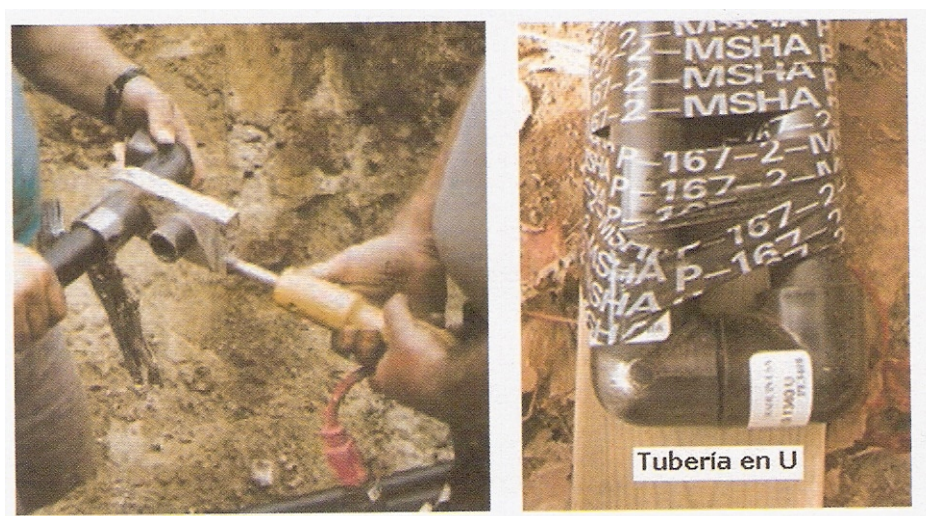


Figura: 46

(Fuente: Energía Geotérmica de baja temperatura de Antonio Creus Solé)



El ensayo se efectúa según las etapas que siguen:

- Limpiar y purgar el aire de la tubería.
- Cerrar todas las válvulas.
- Añadir agua lentamente con una bomba de desplazamiento positivo para elevar la presión hasta un máximo de 1,5 veces la de diseño de la tubería. La duración del ensayo es como máximo 8 horas, con objeto de permitir que las temperaturas del agua y de la tubería sean iguales.

El ensayo es satisfactorio si no se observan visualmente fugas y si la presión permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 5\%$.

Si la prueba resulta satisfactoria, se inyecta bentonita o cemento de la consistencia adecuada para que pueda fluir a través del pozo y llegar a la zona deseada. Algunos instaladores añaden arena y roca finamente dividida con el objeto de asegurar un buen contacto con el terreno e impedir que el agua de la superficie contamine el agua freática.

En otro sistema de instalación (norma CSA) que introduce una tubería de inyección en el fondo del pozo y se retrae a medida que se va inyectando cemento. De este modo, se eliminan las bolsas de aire que pueden existir alrededor de la tubería y se asegura un buen contacto con el terreno. La inyección de este material de relleno permite proteger el acuífero que eventualmente pueda encontrarse y proporcionar un buen contacto térmico entre el tubo en U de polietileno y la pared del terreno perforado.

En la tabla inferior pueden verse las propiedades de los materiales de inyección típicos.

Material	Conductividad térmica W/mK	Conductividad hidráulica	Facilidad de bombeo	Impacto del engramiento
Arena saturada de agua	1.7 – 2.5	Buena	-	-
Arena seca	0.3 – 0.6	Buena	-	-
Clay	0.9 – 1.4		Pobre	Existe
Bentonita 1.3 g/cm ³	0.7		Buena	Alto
Bentonita con arena	1.4 – 1.8		Pobre	Medio
Bentonita/cemento	0.6 – 1.0		Buena	Bajo
Cemento mejorado térmicamente	1.6 – 2.0		Buena	bajo

Tabla 5. *Propiedades de los materiales de inyección en la instalación geotérmica*

Otras precauciones a tomar antes de realizar el trabajo es asegurarse de que en el subsuelo no existan tuberías de gas, agua, conductos eléctricos, tuberías de desagüe o fosas sépticas.

Una vez se ha probado a presión la tubería de polipropileno y se ha consolidado con un material de inyección (típicamente bentonita), se rellena el circuito de agua para proceder al ensayo térmico. Si es necesario por las condiciones del lugar, se llena el tubo con un 30% de propilenglicol, como protección anticongelante.

4.5. BOMBA DE CALOR.

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Para lograr esta acción es necesario un aporte de trabajo acorde a la segunda ley de la termodinámica, según la cual el calor se dirige de manera espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualen.

Este fenómeno de transferencia de energía calorífica se realiza principalmente por medio de un sistema de refrigeración por compresión de gases refrigerantes, cuya particularidad radica en una Válvula inversora de ciclo que forma parte del sistema, la cual puede invertir el sentido del flujo de refrigeración, transformando el condensador en evaporador y viceversa.

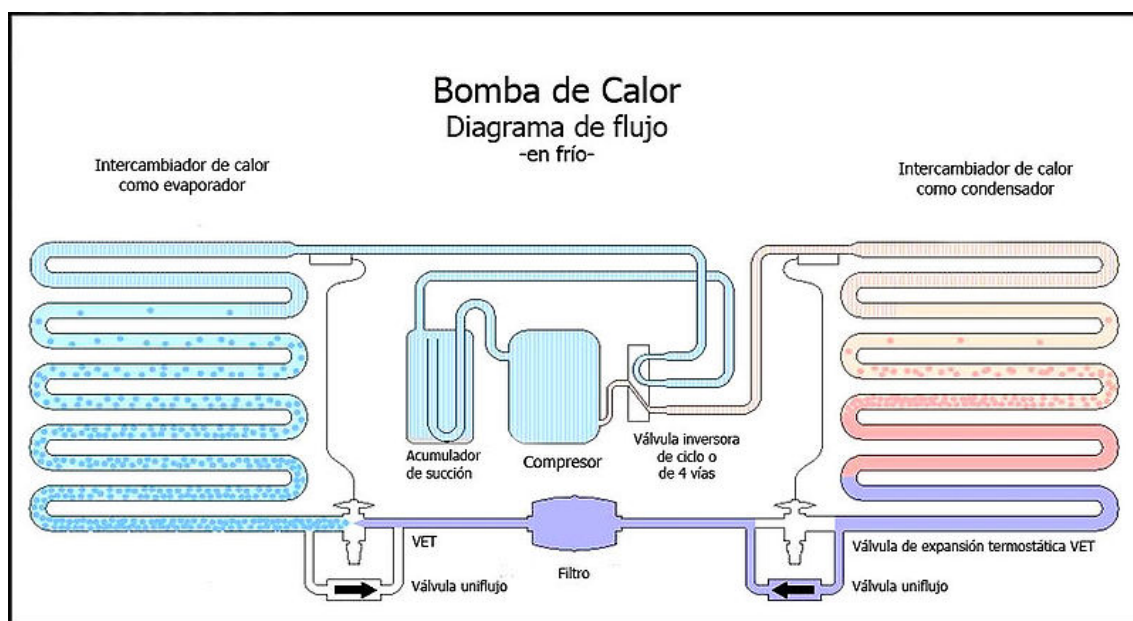


Figura: 47. **Esquema de funcionamiento de una bomba de calor.**
 (Fuente: <http://www.bombasdec calor.com.es/bomba-calor/>)

El principio de la bomba de calor se utiliza en sistemas de climatización o HVAC, así como en sistemas domésticos de aire acondicionado, dado que el ciclo reversible que tiene este sistema otorga la posibilidad tanto de extraer como de ingresar energía al



medio -"enfriar" o "calentar"- con un mismo equipo, controlando arranques, paradas y el ciclo reversible en forma automática. Gracias a su versatilidad, es posible encontrar bombas de calor tanto para calentar una piscina como para controlar el ambiente de un invernadero. En la actualidad, y en pos del ahorro energético, cada vez es más usual encontrar arreglos de bombas de calor asistidos por colectores solares y en sistemas geotérmicos.

Una bomba de calor de refrigeración por compresión emplea un fluido refrigerante con un bajo punto de ebullición. Éste requiere energía (denominada calor latente) para evaporarse, y extrae esa energía de su alrededor en forma de calor.

El fluido refrigerante a baja temperatura y en estado gaseoso pasa por un compresor, que eleva su presión y aumentando con ello su entalpía. Una vez comprimido el fluido refrigerante, pasa por un intercambiador de calor llamado 'condensador', y ahí cede calor al foco caliente, dado que el fluido refrigerante (que ha salido, recordémoslo, del compresor) está aún más caliente que ese foco caliente. En cualquier caso, al enfriarse en fluido refrigerante en el condensador (gracias a la cesión de calor al foco caliente), cambia su estado a líquido. Después, a la salida del condensador, se le hace atravesar una válvula de expansión, lo cual supone una brusca caída de presión (se recupera la presión inicial). A esa presión mucho menor que la que había en el condensador, el fluido refrigerante empieza a evaporarse. Este efecto se aprovecha en el intercambiador de calor llamado evaporador que hay justo después de la válvula de expansión. En el evaporador, el fluido refrigerante (a mucha menos presión que la que había en el condensador) empieza a evaporarse, y con ello absorbe calor del foco frío, puesto que el propio fluido está más frío que dicho foco. El fluido evaporado regresa al compresor, cerrándose el ciclo.

La válvula inversora de ciclo o válvula inversora de cuatro vías se encuentra a la salida (descarga) del compresor y, según la temperatura del medio a climatizar (sensada en la presión de refrigerante antes de ingresar al compresor), invierte el flujo del refrigerante.

A continuación se van a definir las bombas de calor convencionales, las cuales las podemos dividir en 3 tipos:

- Bomba de calor aire/aire; el calor que se toma del el aire se transfiere de forma directa al aire de la estancia que debe calentarse.
- Bomba de calor aire/agua; el calor se toma del aire y se transfiere a un circuito de agua el cual abastecerá:
 - un suelo-techo.
 - un suelo radiante-refrescante.
 - radiadores.
 - ventiloconvectores.

- Bomba de calor agua/agua; el sistema toma el calor de un circuito de agua que está en contacto con un elemento como la tierra, capa freática que le generará el calor para que pueda transferirlo a otro circuito de agua como en el caso de antes. Este es el sistema que por norma general se usa para una bomba de calor geotérmica.



Figura: 48. Bomba de calor agua/agua

Durante la época de verano la tierra se calienta siendo capaz de almacenar el calor debido a su baja conductividad térmica y elevada masa térmica y es un calor que se puede aprovechar en invierno. Este sistema de bomba de calor es un sistema capaz de extraer el calor de baja temperatura del aire, agua o subsuelo y concentrarlo para proporcionar calor útil para calentar agua y aire. Solo se necesita energía para concentrar este calor de forma que puede generar una producción de calor de hasta 4 veces superior a la energía aportada.

Una bomba de calor también permite refrescar espacios cerrados en verano y en este proceso el calor de temperatura elevada se extrae de un edificio y se convierte en calor de temperatura baja que entonces se puede dispersar nuevamente a la atmósfera o subsuelo. Dicho de otro modo es que un mismo sistema puede refrescar o calentar un espacio y puede producir agua caliente sanitaria (ACS).

El primer sistema de bomba de calor que se instaló fue en el año 1862 para sacar el calor de un lago de Austria y hasta ahora la tecnología se ha enriquecido pero aún quedan posibilidades para mejorar su elevada eficiencia con el uso de nuevos diseños de componentes.

Un sistema de bomba de calor para baja temperatura contiene:

- Un captador, para tener el sistema completo y extraer el calor de baja temperatura de la fuente.
- Dos intercambiadores de calor como son: el evaporador y el condensador,

- Un compresor,
- Una válvula de expansión,
- Un gas refrigerante que es bombeado por el equipo, y
- Un sistema de distribución del calor.

4.5.1. BOMBA DE CALOR GEOTERMICA

Lo que se hace en ese caso es aprovechar la temperatura homogénea del subsuelo a lo largo del año, usándolo como intercambiador de calor mediante una bomba de calor. La bomba de calor mueve calor de un sitio a otro, realizando ese intercambio con el subsuelo, que ofrece mejores temperaturas que el aire, el cuál es más dependiente del tiempo meteorológico.

La bomba de calor geotérmica extrae calor del subsuelo a una temperatura relativamente baja, aumentándola, mediante el consumo de energía eléctrica (El consumo de electricidad de la bomba de calor geotérmica se cifra en 0,25-0,30 kWh por cada kWh de calefacción producido), para posibilitar su uso posterior en sistemas de calefacción. Existe la opción de invertir el proceso en verano, inyectando en la tierra el calor absorbido en la refrigeración de la instalación a climatizar. Esta tecnología representa, en la mayoría de los casos, la única posibilidad de aprovechamiento de los recursos de muy baja entalpía ($T < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), y que son los que mejor se adaptan a las necesidades de climatización de edificios.



Figura: 49. Las bombas geotérmicas transforman la energía del subsuelo en energía para calefacción, refrigeración y ACS.

Las bombas de calor geotérmicas funcionan del mismo modo que las bombas de calor convencionales (aire-aire y aire-agua), de manera que pueden calentar, refrigerar y, si están adecuadamente equipadas, proporcionar agua caliente sanitaria, pero con mayor eficacia que éstas.



Según el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), las GHP (Geothermal Heat Pumps) utilizan entre un 25% y un 50% menos de electricidad que los sistemas convencionales de calefacción y refrigeración, reduciendo el consumo energético y las emisiones correspondientes de un 45% a un 70%, si se comparan con éstos.

El **captador o colector**; el diseño del sistema captador depende de la naturaleza de la fuente ya que durante el verano el aire, el subsuelo, el agua de los ríos y lagos se calientan conservándose este calor y se almacena. Seguidamente a medida que la temperatura del ambiente va disminuyendo durante los meses de invierno el calor que se ha almacenado, se emite gradualmente de las siguientes maneras:

- Por aire mediante convección
- Por agua mediante conducción.
- Desde el subsuelo mediante conducción y después por radiación desde la superficie. Este calor se enfría de forma más lenta a uno o más metros de profundidad y esto se contrasta con el comportamiento del aire cuya temperatura puede bajar debajo de 0°C durante una noche más fría de invierno.

La longitud de la tubería del captador depende claramente de la capacidad calorífica del sistema, de la temperatura ambiente de la fuente y del índice de transmisión de calor hacia el líquido del captador. Dicha tubería puede instalarse de forma horizontal o vertical dependiendo del espacio que se disponga. A medida que el calor se va extrayendo durante los meses de la época de invierno la fuente de calor se enfría y el subsuelo podría quedar hasta congelado. No hay que preocuparse ya que en el siguiente verano el sol renovará la fuente de calor calentándola nuevamente y así se asegura que la provisión de calor.

- Si la fuente de calor es el aire del ambiente el calor se puede trasladar directamente a través de un lado del intercambiador de calor del evaporador.
- Si la fuente de calor es el subsuelo el calor se puede ceder al líquido dentro de la tubería del captador.
- Si la fuente de calor es agua de un río, lago o el mar el calor puede fluir a través de la propia tubería del captador o también puede ser transmitido al líquido de la tubería del captador.

El funcionamiento de la bomba de calor en verano y en invierno es muy similar, intercambiándose la función condensador–evaporador según la época del año. En la bomba de calor el fluido refrigerante sufre unos cambios de fase, lo que permite absorber y entregar calor mediante procesos de evaporación y condensación. Los cambios en la presión del fluido refrigerante se llevan a cabo en el compresor y en la válvula de expansión, lo que provoca además cambios en la temperatura del refrigerante y permite el trasiego de energía de baja temperatura a alta temperatura. Este calor se transfiere al sistema de distribución interior, en el caso de



que se tratara aire puede fluir de forma directa a través de la vivienda por conductos. Si se trata de agua entonces el agua caliente se puede distribuir por los radiadores con un sistema tradicional para suministrar calefacción o también se puede almacenar en un depósito para proporcionar ACS.

- *Refrigeración de la estancia:* El funcionamiento de una bomba de calor es reversible de forma que puede extraer el calor útil de una estancia y emanar calor de baja temperatura en el ambiente. El aire caliente se extrae de una estancia y pasa a través del condensador para irradiar su calor al refrigerante. De repente el refrigerante se comprime a alta presión por el compresor transformándolo a líquido y desprender su calor desde el evaporador hacia el colector de líquido o el ambiente. El líquido que se encuentra en el colector transfiere el calor de nuevo al subsuelo que se encuentran a una temperatura más baja.

Una bomba de calor geotérmica tiene la opción de enfriar gratis durante la época de calor sin utilizar el compresor ya que el calor extraído de la estancia pasa a través del condensador y del gas refrigerante hacia el evaporador, de esta forma este calor puede ser transferido alrededor de la zona de la tubería colectora produciendo de este modo un enfriamiento del espacio.

- *Instalación individual en casa:* Un equipo de bomba de calor puede sustituir de forma fácil una caldera que funciona con combustibles fósiles como carbón, gasóleo o incluso una caldera eléctrica. Si el calor se reparte a través de radiadores la salida de ACS se puede introducir de forma directa dentro de los radiadores. Comúnmente cualquier producto catalogado como eficiente como una bomba de calor es importante determinar el tamaño de la bomba en función de la pérdida de calor del domicilio. En unas condiciones normales de terreno y en hogares de familias tradicional la longitud de la tubería del colector para una bomba de calor geotérmica puede alcanzar desde 30 mts. para producir calor de 3 kW, hasta 100 mts. para 10 kW. La tubería del colector se puede instalar de forma horizontal en una zanja o vertical dentro de una perforación a la medida proyectada. Dicha perforación de estas condiciones requiere un acceso a una plataforma de perforación pero en una zanja horizontal solo necesita un acceso a un jardín o espacio abierto. La zanja horizontal debe ser lo suficiente profunda para que la temperatura del subsuelo no se vea por la temperatura que hay en el ambiente influenciada

Para una bomba de calor con fuente de aire, el ventilador está ubicado en una instalación compacta contigua a una pared exterior, pero una bomba de calor que utiliza agua como fuente o una *bomba geotérmica* también pueden ser acopladas a un muro exterior. En viviendas de obra nueva que tienen un elevado grado de aislamiento la bomba de calor es rentable desde el inicio ya que las pérdidas de calor de estos domicilios son muy pequeñas.

- *Eficiencia del sistema:* Una bomba de calor es muy eficiente ya que concentra el calor de baja temperatura en lugar de generarla como hacen otras fuentes.



La relación existente entre el calor producido y la electricidad consumida se denomina coeficiente de eficiencia y oscila entre valores de 3,0 a 5,0.

Estos valores dependen según el tipo de bomba de calor, la diferencia existente entre la temperatura de la fuente de calor y la temperatura consignada. Todo esto contrastado con una caldera que uso como fuente de energía combustibles fósiles tiene una eficiencia de entre un 0,8 y un 0,9.

- *Influencia del clima:* La masa de calor renovable que puede generar una bomba de calor de una determinada medida depende donde se encuentra en la situación geográfica de la vivienda y de las pérdidas de calor. Cuanto más cálido sea el clima mayor será la temperatura de la fuente y de mayor eficiencia será la bomba de calor.

➤ *BOMBA DE CALOR PARA CALENTAMIENTO.*

En el caso de un sistema geotérmico para calentamiento, la energía que consume el sistema es la energía necesaria para accionar el compresor (W_c) y la energía que se extrae del ambiente (Q_e), mientras que la energía obtenida es el calor cedido por la bomba de calor a través del condensador (Q_c).

La energía que cede la bomba de calor es la suma de la energía extraída del ambiente y la electricidad consumida por el compresor.

$$Q_c = Q_e + W_c \quad (2)$$

Ya que la energía extraída del terreno es gratuita, al contrario que en las calderas convencionales, en este tipo de sistemas se suele comparar la energía obtenida entre la energía eléctrica consumida. A este cociente se le denomina C.O.P. (Coefficient Of Performance).

$$C.O.P. = \frac{Q_c}{W_c} \quad (3)$$

Así, un C.O.P. de 4 significa que, por cada kWh de energía eléctrica consumida, la bomba de calor es capaz de suministrar 4 kWh; así, cuanto mayor es el C.O.P. de una máquina, más ahorro energético se obtiene.

➤ *BOMBA DE CALOR PARA REFRIGERACIÓN.*

En este caso los conceptos a emplear son un poco distintos, ya que la energía útil es la que se retira del local o fluido que se pretende enfriar. El compresor consume energía eléctrica para su accionamiento y, a través del condensador, se cede al terreno la energía retirada y la energía consumida por el compresor.



En este caso la eficiencia se mide empleando el E.E.R. (Efficiency Energy Rate), que considera la energía útil retirada por el evaporador (Q_e) y la energía consumida es la del compresor (W_c).

$$E.E.R. = \frac{Q_e}{W_c} \quad (4)$$

De nuevo, cuanto mayor sea el E.E.R., mayor será el ahorro que se consigue con este tipo de sistemas.

Si la bomba de calor trabajase entre las mismas temperaturas de condensación y evaporación y, teniendo en cuenta que el calor que se retira por el condensador es igual a la suma de la energía eléctrica consumida por el compresor y la energía retirada por el evaporador, se cumplirá:

$$C.O.P. = \frac{Q_c}{W_c} = \frac{Q_e + W_c}{W_c} = 1 + E.E.R. \quad (5)$$

En la realidad las temperaturas de condensación y evaporación son distintas para calentamiento y enfriamiento, por lo que el C.O.P. y el E.E.R. para los dos procesos son muy similares.

➤ VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA UTILIZACIÓN DE UNA BOMBA DE CALOR.

Ventajas:

- El calor y la electricidad de baja temperatura se pueden conseguir de diferentes fuentes.
- Estos sistemas están disponibles en diversos tamaños para calentar desde de una estancia hasta una vivienda.
- Determinados sistemas de bomba de calor son reversibles de tal forma que pueden calentar y enfriar.
- La electricidad necesaria para hacer funcionar una bomba de calor puede ser a partir de diferentes fuentes renovables.
- Actualmente se empiezan a utilizar gases refrigerantes naturales los cuales tienen un impacto medioambiental nulo o muy bajo.
- El sistema de bomba de calor tiene en conjunto una elevada eficiencia y un coste de funcionamiento bajo.



Inconvenientes:

- El espacio si se usa un colector geotérmico.
- Baja eficiencia cuando baja la temperatura ambiente en los sistemas que utilizan el aire como fuente.
- Los altos costes iniciales.
- El gas refrigerante tiene que recuperarse al final de la vida útil del sistema.

4.6. SISTEMAS DE CAPTACIÓN.

Está constituido por la red de tuberías enterradas que contienen un líquido anticongelante (propilenglicol) que es impulsado por una bomba.

La instalación se puede conectar a suelo radiante, sistema de radiadores o a cualquier sistema de calefacción y refrigeración cuyo fluido de transmisión sea agua.

El sistema de tuberías o colectores puede ser de cobre recubierto de polietileno reticulado (PER), y se implanta mediante excavación o perforación, según sea el modelo seleccionado que depende del terreno disponible y de sus características.

El sistema de tuberías puede adoptar tres formas diferentes:

- Circuito abierto
 - Circuito cerrado
 - Intercambiador directo
- *Circuitos abiertos*, basados en el uso de aguas subterráneas, que suponen la captación de agua de un acuífero para su aprovechamiento. En este caso, el agua subterránea es el medio de transporte del calor.
 - *Circuitos cerrados*, cuyo fundamento es el empleo de un fluido, básicamente, agua con algún aditivo, para extraer el calor de los materiales existentes a poca profundidad en el subsuelo. Implican la instalación de un intercambiador en el terreno para el aprovechamiento energético, cuya pared separa el fluido termoprotector de la roca y del agua subterránea.

4.6.1. SISTEMAS ABIERTOS.

El sistema utiliza agua subterránea de un pozo o superficial (estanque) como medio directo de transmisión de calor, de tal modo que el agua fluye en una sola dirección hacia la bomba de calor y luego es descargada (figura 50).

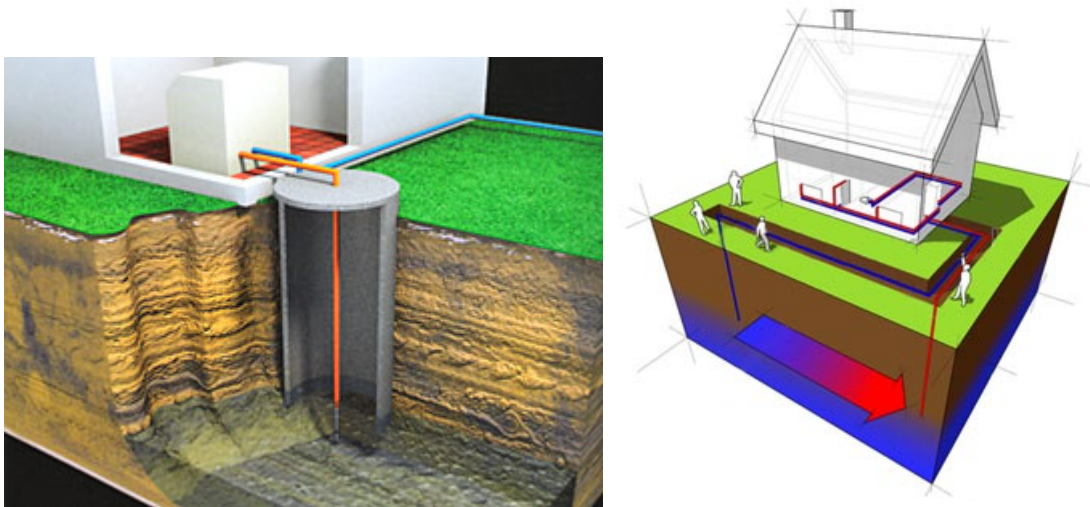


Figura 50

(Fuente: <http://www.teclitor.com/geotermia.html>)

Se caracterizan porque el portador del calor (el agua subterránea) fluye libremente en el subsuelo y actúa, además de como fuente de calor, como medio para el intercambio del mismo. El principal aspecto técnico de este tipo de sistemas es el relativo a los sondeos perforados para explotar la capa freática o los recursos de acuíferos poco profundos situados por debajo de ésta (figura 51-b). En la mayoría de los casos, son necesarios dos sondeos (explotación mediante *doblete* de sondeos), uno para extraer el agua subterránea y otro para reinyectarla en el mismo acuífero de la que se obtuvo (figura 51-a).

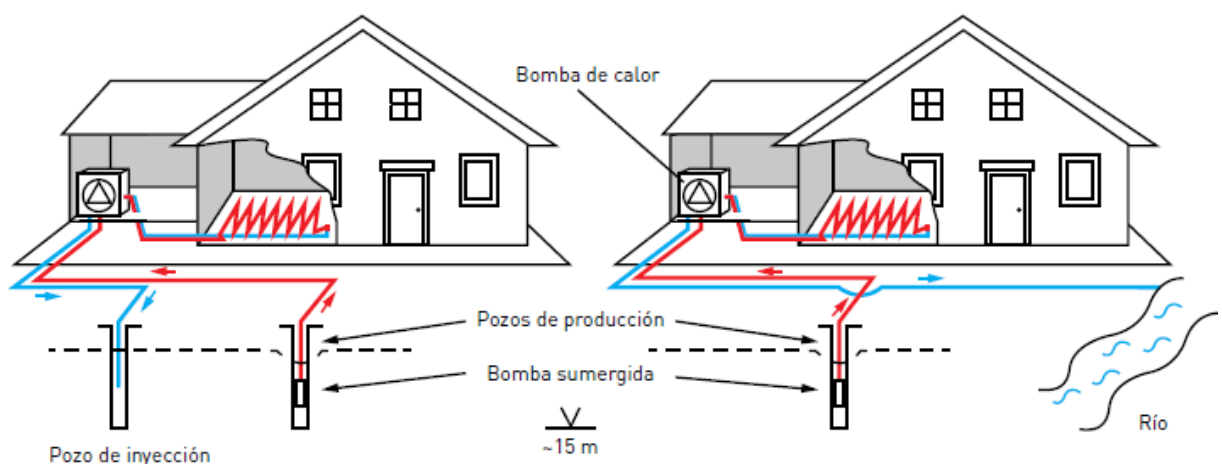


Figura: 51. **Sistema de captación abierto**

(Fuente: http://www.geotermiagranada.com/geotermia_instalacion.html)

El sondeo de captación, equipado con una bomba sumergible, conduce el agua subterránea hasta la bomba de calor, desde donde, una vez enfriada tras extraer su energía, se devuelve al acuífero de origen o se vierte a un cauce superficial. Con el fin de evitar el enfriamiento continuo del agua subterránea.



Los sondeos de producción e inyección deben situarse, respectivamente, aguas arriba y aguas abajo del flujo subterráneo, y a la distancia adecuada, de acuerdo con los modelos de transmisión de calor.

Para la aplicación de estos sistemas se requiere una permeabilidad suficientemente elevada del terreno, que permita obtener la cantidad necesaria de agua subterránea a poca profundidad, y una cierta calidad de esta última, circunstancia que supone el control de ciertos parámetros, como el contenido de hierro y el potencial redox, para evitar problemas de corrosión, precipitación y obstrucción de conducciones, que, a largo plazo, podrían afectar al funcionamiento de la instalación.

Estos sistemas, bastante difundidos en España sobre todo en zonas con acuíferos pluviales con buenas productividades y piezometrías someras, son sencillos, con bajos costes de inversión y elevados rendimientos, aunque con el inconveniente de que su explotación está sujeta a una tramitación administrativa compleja y dilatada.

En la evaluación de los sistemas de lazo abierto intervienen:

- 1 – *Calidad del agua*. Si el agua contiene iones disueltos, sólidos en suspensión y microorganismos, es posible que se creen hongos y películas corrosivas, lo que incrementa la resistencia térmica a la transferencia de calor y reduce el rendimiento del sistema. Asimismo, aumenta la resistencia hidráulica al flujo y como consecuencia aumenta también el consumo de la energía de la bomba. El tratamiento químico del agua cuando los caudales son elevados no suele ser económico y en todo caso, debe considerarse la elección de un intercambiador de calor intermedio que aisle el agua freática, del circuito de la bomba de calor. Esto es obligatorio si el fluido de este circuito es un refrigerante, que es lo normal.
- 2 - *Disponibilidad del agua*. El caudal típico necesario suele ser de 2 a 3,1 litros/minuto por KW del sistema. En grandes consumos como en escuelas u oficinas es de elección el sistema de pozo con reinyección.
- 3 – *Agua de descarga*. Pueden existir leyes locales que impidan o restrinjan la descarga de agua.

4.6.2. SISTEMAS CERRADOS.

Se basan en el empleo de intercambiadores enterrados, con un fluido termoportador en su interior que cede la energía del subsuelo a la bomba y viceversa. Por tanto, es el fluido que circula por el intercambiador en circuito cerrado el que se lleva a la bomba de calor y no el agua subterránea, como sucedía en el caso de los sistemas abiertos.

Los sistemas cerrados ofrecen la posibilidad de aprovechar el calor acumulado en los materiales de los niveles más externos de la corteza terrestre, en las situaciones en

que la impermeabilidad del terreno o la profundidad de los niveles no permiten explotar la energía de las aguas del subsuelo. Son de dos tipos, horizontales y verticales, en función de cómo se sitúen los intercambiadores en el terreno.

4.6.2.1. Sistema intercambiador cerrado horizontal.

Los circuitos cerrados con intercambiador de calor horizontal son los sistemas cerrados más fáciles de instalar (figura 52), si bien, en ocasiones, están sujetos a limitaciones de espacio. Por este motivo, en el centro y el oeste de Europa, las tuberías se disponen siguiendo un diseño relativamente denso, conectándose en serie o en paralelo para así aumentar la superficie de contacto tal y como se puede ver en la figura 53.

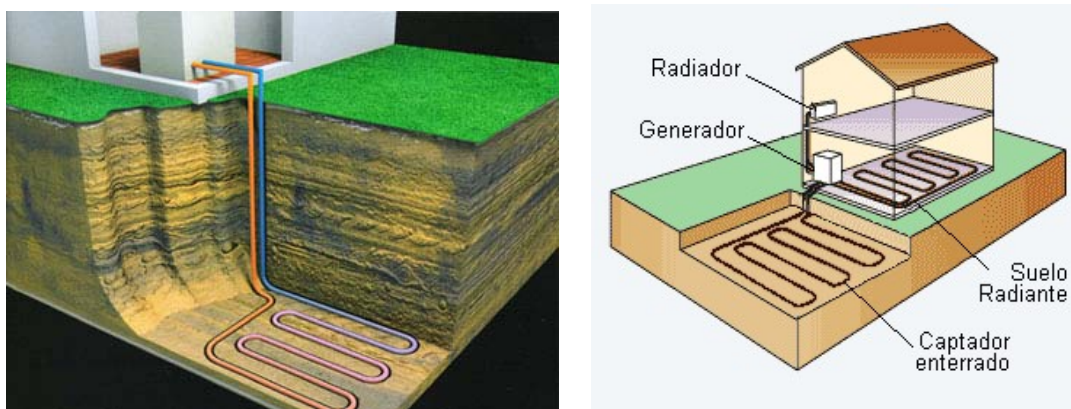


Figura 52. **Sistema de captación cerrado de intercambiador horizontal**
 (Fuente: http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.com.es/2012_08_01_archive.html)

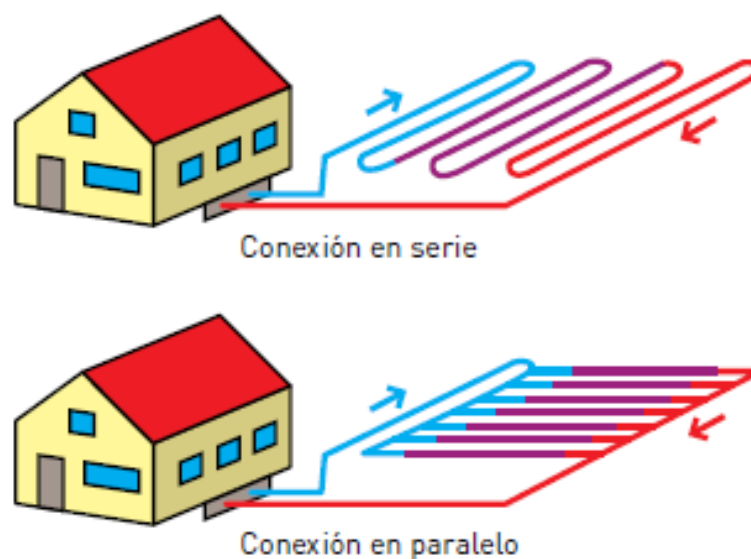


Figura: 53. **Sistema cerrado con intercambiador de calor horizontal.**
 (Fuente: <http://es.scribd.com/doc/80250093/Evaluacion-Potencial-Energia-Geotermia>)

En estas distribuciones con alta densidad de tuberías, lo habitual es retirar completamente la capa superficial del terreno, colocar las conducciones y, finalmente, cubrirlas con la tierra retirada. En el norte de Europa y de América, donde el terreno es más barato, se prefiere un circuito más amplio, con tuberías situadas en zanjas.

Las tuberías, normalmente de polietileno, de 25 a 40 mm de diámetro, por las que circula el líquido de intercambio térmico se instalan en zanjas a una profundidad mínima de 0,90 metros, en disposiciones que incluyen hasta seis tubos por zanja, si bien lo habitual es que sólo se coloquen dos.

Para solventar los problemas de espacio que se plantean con este tipo de colectores, se han desarrollado unos intercambiadores de calor especiales para ubicar en el terreno, que resultan ser los más adecuados para sistemas que trabajan con bombas de calor para usos en calefacción y refrigeración. Un tipo de estos intercambiadores, conocido como *slinky* (figura 54), se basa en la colocación de bobinas de polietileno en el terreno, extendiendo las sucesivas espiras e intercalando tierra seleccionada o arena. Dichas espiras pueden disponerse horizontalmente, en una zanja ancha, o verticalmente, en una zanja estrecha.

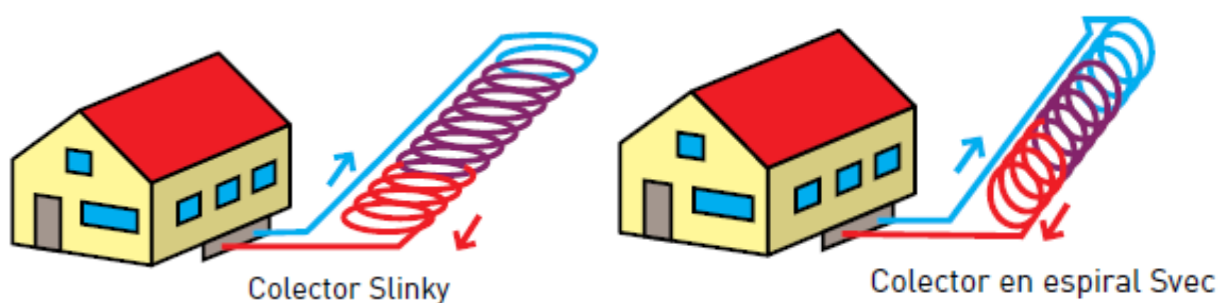


Figura: 54 **Sistema cerrado con intercambiador de calor tipo bobina.**
(Fuente: <http://es.scribd.com/doc/80250093/Evaluacion-Potencial-Energia-Geotermia>)

Estos colectores son ampliamente utilizados en EEUU pero sólo uno de sus tipos, el colector en zanja (*trench collector*) como se muestra en la figura 55. Esta distribución ha alcanzado cierta distribución en Europa, sobre todo en Austria y el Sur de Alemania. En este caso, varias tuberías de pequeño diámetro se sujetan a las paredes bastante inclinadas de una zanja, a varios metros de profundidad.



Figura: 55. **Sistema cerrado con colector en zanja**
 (Fuente: <http://es.scribd.com/doc/80250093/Evaluacion-Potencial-Energia-Geotermia>)

La radiación solar, al incidir sobre la superficie terrestre, constituye el principal medio de recarga térmica de estos sistemas, por lo que es importante no cubrir la superficie situada por encima de las tuberías situadas en el terreno.

Normalmente, estos sistemas tienen un coste inferior al que supone la perforación de sondeos, pero presentan el inconveniente de requerir una considerable superficie con espesores de alta dureza superiores a 1 metro, lo que no siempre es fácil de conseguir, además de estar sometidos a importantes variaciones de temperatura y humedad, que afectan al rendimiento estacional.

Otra variante de los sistemas cerrados con intercambiador horizontal son los denominados sistemas de expansión directa, en los que el intercambio térmico se realiza mediante la circulación del fluido refrigerante (el medio de trabajo de la bomba de calor) directamente por el circuito situado en el terreno.

La ventaja de esta tecnología, limitada a las unidades más pequeñas, es que evita uno de los procesos de intercambio de calor, ofreciendo, de este modo, la posibilidad de mejorar la eficacia del sistema. En Francia y Austria, la expansión directa también se ha combinado con la condensación directa en los sistemas de calefacción de suelos.

4.6.2.2. Sistema intercambiador cerrado vertical.

Los sistemas cerrados con intercambiador vertical suponen la perforación de sondeos de profundidad variable (normalmente, entre 60 y 200 metros) y pequeño diámetro (de 10 a 15 cm), en los que se introducen colectores de calor (un doble tubo en el caso más sencillo) por los que circula el fluido. Estos dispositivos verticales de captación de calor se denominan **sondas geotérmicas**.

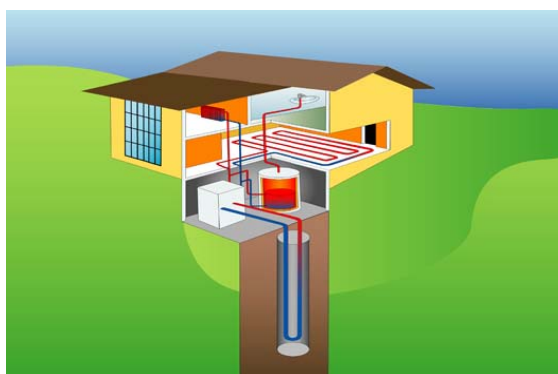
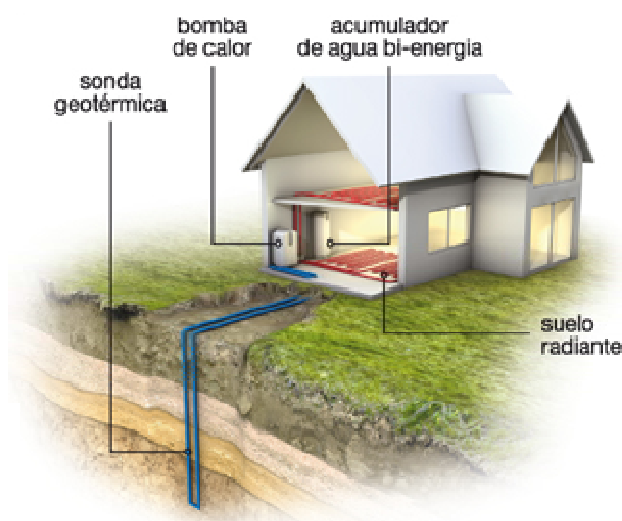


Figura: 56. **Sistemas de captación cerrados verticales**
 (Fuente: <http://www.totalclima.es/php/geotermia.php>)



Como ya se indico anteriormente los tubos captadores se introducen en los sondeos tras finalizar la perforación (figura 57). Habitualmente, se instalan tuberías de polietileno o polipropileno, cuyo diámetro varía entre 3/4" (25 mm) y 2" (63 mm), en función del caudal circulante y la longitud del circuito.

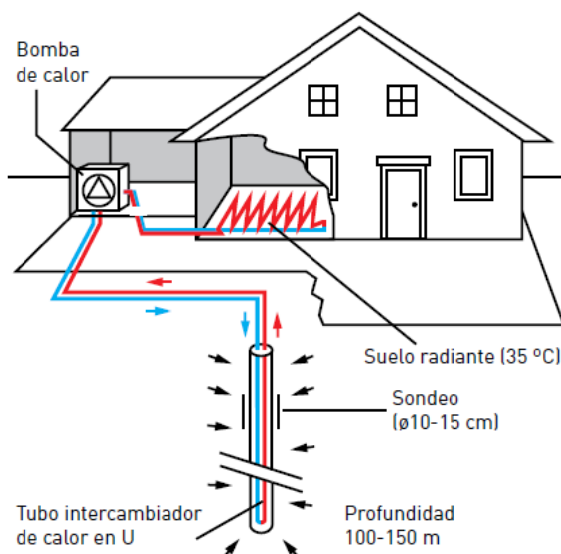


Figura: 57
 (Fuente: http://www.geotermiagranada.com/geotermia_instalacion.html)

La fuente de recarga de la energía térmica captada por los intercambiadores verticales es, en la zona superficial, la radiación solar y, en la zona inferior, el flujo de calor geotérmico, con cierta influencia del agua subterránea circulante, poco importante en la mayoría de los casos, o de las aguas percoladas. Durante el funcionamiento de la bomba de calor geotérmica, se registra un descenso de la temperatura del terreno en torno al sondeo, al que hay que unir el derivado de la denominada resistencia térmica del propio sondeo, del que son responsables el material de relleno del mismo y las paredes del intercambiador. Para reducir las pérdidas de temperatura en los sondeos, éstos deben rellenarse con algún material

que permita la transmisión de calor a los tubos captadores situados en su interior, además de la circulación del agua que pudiera haber en el terreno debido a la existencia de algún nivel freático a poca profundidad o a la presencia de aguas someras procedentes de filtraciones pluviométricas.

Teniendo en cuenta que la presencia de agua en el terreno aumenta considerablemente la capacidad para transmitir el calor geotérmico, en el caso de que en el sondeo no la haya, lo más recomendable es un relleno de gravas o arenas permeables para incrementar la conductividad térmica. También es adecuado el relleno con materiales térmicamente mejorados, desarrollados para disminuir las referidas pérdidas.

Para el diseño de una sonda geotérmica, se requiere el conocimiento previo de la conductividad térmica del terreno, la humedad natural del suelo, la presencia o no de aguas subterráneas y el tipo de prestaciones de la instalación prevista. Además, resulta clave la potencia de extracción de calor por metro lineal de sonda. En los casos en que se precisan potencias mayores a las habituales (entre 20 y 70 W/m), pueden emplearse **campos de sondas geotérmicas** (figura 58), en número de 4 a 50, con profundidades que oscilan entre 50 y 200 metros, dependiendo de la potencia requerida y de las condiciones geológicas locales. Los colectores de las sondas pueden disponerse junto a las edificaciones o debajo de ellas, o bien, las tuberías pueden conectarse en zanjas en el terreno. Los campos de sondas geotérmicas pueden constituir una base adecuada para los sistemas de almacenamiento subterráneo de energía térmica.

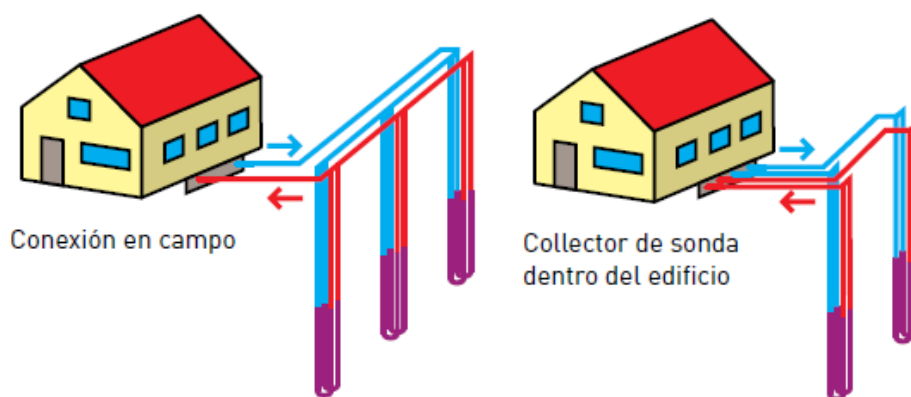


Figura: 58. **Intercambiadores verticales en sondeos**

(Fuente: <http://es.scribd.com/doc/80250093/Evaluacion-Potencial-Energia-Geotermia>)

Las instalaciones que disponen de bomba de calor acoplada a circuitos cerrados con intercambiadores verticales, son de dimensiones muy variadas: desde viviendas unifamiliares con un solo intercambiador hasta grandes edificios que requieren campos con un importante número de sondas geotérmicas. Una de las instalaciones con mayor número de intercambiadores verticales instalados en Europa para dar servicio a un único edificio corresponde a las oficinas centrales de Control del Tráfico

Aéreo Alemán (*Deutsche Flugsicherung*): un total de 154 perforaciones de 70 m de profundidad.

Para el diseño de intercambiadores verticales conectados a instalaciones individuales o de pequeño tamaño puede recurrirse a tablas, datos empíricos y normas generales (los hay en Suiza y Alemania), mientras que, en el caso de instalaciones de mayor envergadura, es necesario calcular el número y la longitud de los dispositivos necesarios (existen programas para PC que permiten realizar estos cálculos; en casos complicados, pueden hacerse simulaciones con modelos numéricos). Para un número considerable de instalaciones de pequeña envergadura el caso, por ejemplo, de una comunidad formada por 60 viviendas unifamiliares con dos sondas geotérmicas para cada una de ellas, cuanto menor sea la distancia entre perforaciones, mayor deberá ser la profundidad de los intercambiadores o captadores.

Los tubos captadores pueden instalarse de diversas maneras en el interior del sondeo, pudiendo considerarse dos tipos básicos de intercambiadores verticales:

- A. Con tubos en U.
- B. Con tubos coaxiales

A) Sistema intercambiador con tubos en U.

El sistema de captación consiste en un par de tubos unidos en su base mediante un codo de 180°, cuyas salidas se conectan al circuito primario de las bombas de calor geotérmicas. En cada sondeo pueden instalarse, dependiendo de su diámetro de perforación, hasta cuatro de estos pares de tubos en U, existiendo también la posibilidad de dar a estos pares un mayor recorrido a lo largo de varias sondas.

La ventaja de esta configuración es el bajo coste del material de los tubos, circunstancia que ha contribuido a que los intercambiadores verticales de este tipo sean los más utilizados en Europa.

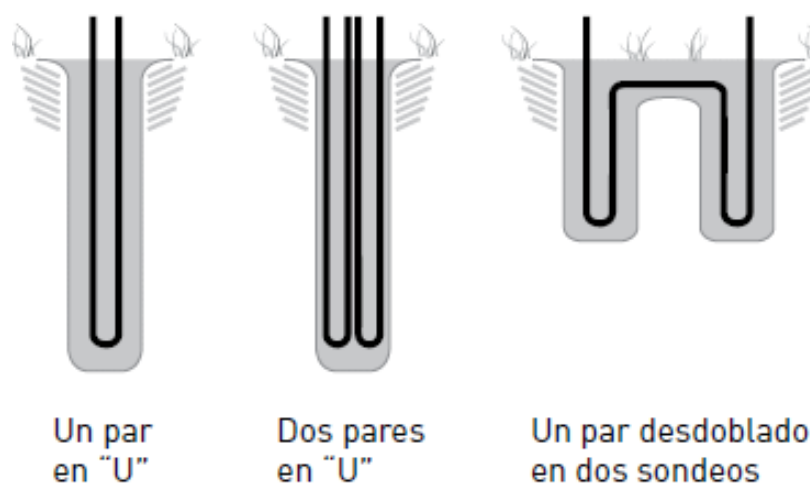
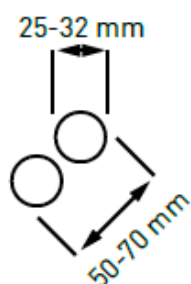


Figura: 59. Tipos de instalación de tubos captadores verticales en sondas geotérmicas

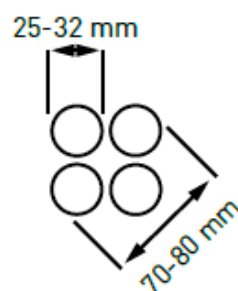
B) Sistema intercambiador con tubos coaxiales.

El sistema de captación, en su disposición más simple, consta de dos tubos concéntricos de diferente diámetro. Existen configuraciones más complejas que incluyen un mayor número de tubos colectores.

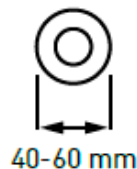
Tubería en U



Tubería doble U



Tubos coaxiales configuración simple



Tubos coaxiales configuraciones complejas

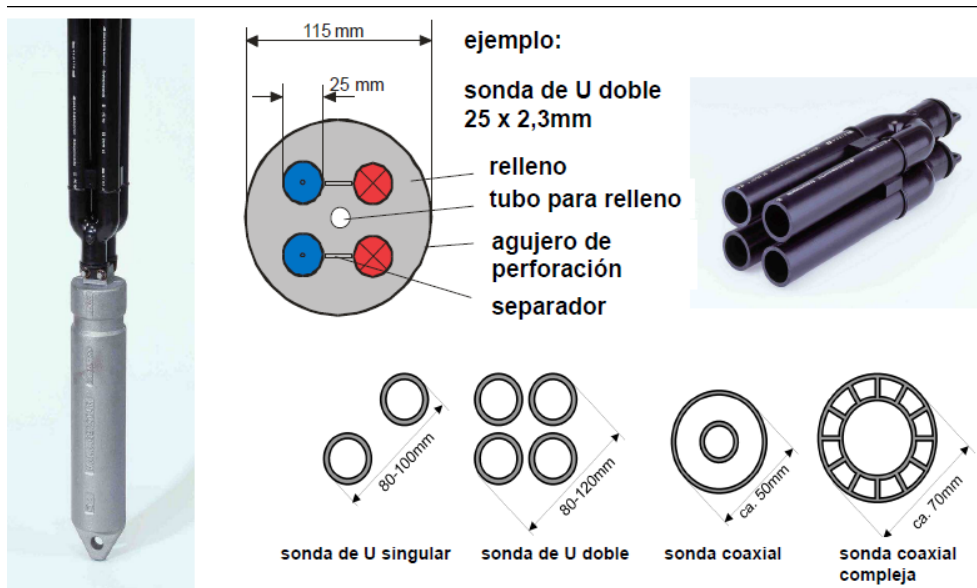
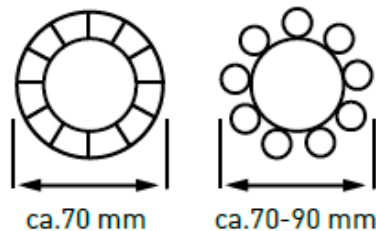


Figura 60. Secciones de diferentes tipos de sondas o captadores verticales

4.6.3. MATERIAL DE RELLENO Y SELLADO.

Después de instalar la sonda de geotermia hay que rellenar el espacio anular con una masa sellante bombeable, ésta asegura un buen asentamiento de la sonda y mejora considerablemente la transmisividad térmica (figura 61). Asimismo con esta masa se sellan los estratos arcillosos impermeables que hayan sido atravesados durante la perforación, evitándose así posibles contaminaciones de las aguas subterráneas.

Un buen relleno es crítico para:

- Buena transferencia de calor
- Protección de la capa freática

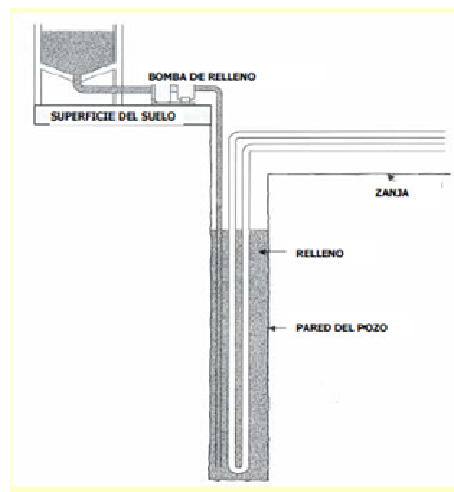


Figura 61. *Bombeo del relleno del espacio anular del pozo del intercambiador, captador o sonda*

Materiales de relleno:

- Arena
- Base Bentonita
- Base Cemento
- Material extraído del pozo previamente tamizado
- Mixtos: Dentro de esta clase se emplean los siguientes:
 - Masillas sellantes a base de conglomerante hidráulico y piedra pulverizada sin exigencias especiales.
 - Masillas listas para su uso a base de conglomerantes resistentes a los sulfatos y arcilla, sin retracción, para una segura reposición de las capas impermeables que hayan sido perforadas.

- Morteros secos a base de conglomerante hidráulico para la elaboración de masillas sellantes con una elevada transmisividad térmica para un óptimo transporte térmico hacia la sonda.

Las masillas deben garantizar:

- Una alta conductividad térmica para un óptimo intercambio de calor con el suelo.
- Debe ser resistentes ante las heladas
- Tiene que tener una fluidez óptima para provocar el desplazamiento del lodo durante la inyección.
- Debe de tener una mínima segregación para garantizar un relleno completo de la sonda de geotermia sin huecos a lo largo de toda la columna.
- Debe de tener alta resistencia para conseguir la resistencia estática de la sonda.
- La masilla debe endurecer manteniendo estable su volumen, de tal manera que se asegure un acoplamiento perfecto y permanente de la sonda con los estratos perforados.

4.6.4. CONEXIONES Y ACCESORIOS.

En este apartado, simplemente se van a presentar elementos accesorios y de conexión necesarios para realizar la instalación geotérmica.

A) Distribuidor de polietileno de alta densidad conexiones de 25 mm.



Figura: 62

B) Distribuidor de acero inoxidable:

Existen varios modelos en el mercado.

- Distribuidor de entrada/salida para sondas geotérmicas con tuberías de 32 mm
- Distribuidor de entrada salida para sondas geotérmicas con tuberías de 40 mm



Figura: 63

C) Arqueta de distribución:

Arqueta de distribución estándar para conexión de sondas geotérmicas, compuesta de arqueta, tapa, pates integrados.



Figura 64

D) Centrador:

El centrador es un elemento que sirve para mantener la separación entre las 4 tuberías de PE. Hay diferentes tipos de separadores o centradores, mostrando en la figura 65 uno de ellos.



Figura 65

E) Contrapeso de tubo en U para geotermia vertical.

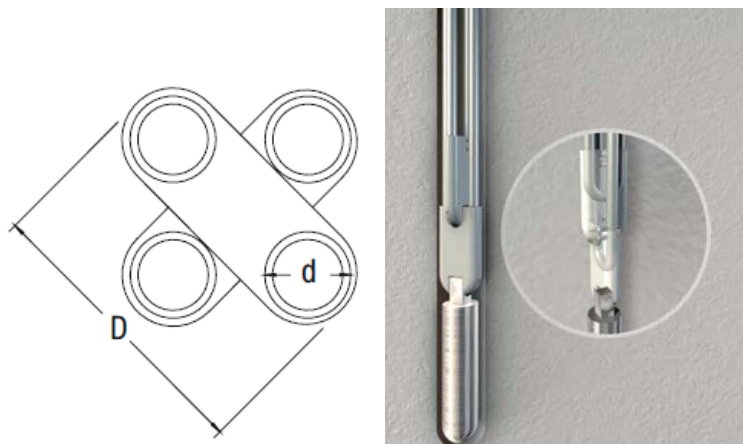


Figura 66

Enlace: (<http://www.ingeo.es/vinculos/HAKA%20GERODUR.pdf>)

4.7. CIMENTACION TERMOACTIVA.

Una variante de los sistemas de captación geotérmica son las cimentaciones energéticas o termoactivas. El principal inconveniente de los sistemas de geotérmicas reside en los costes de implantación; las cimentaciones termoactivas aprovechan las estructuras de cimentación profunda de los edificios para captar y disipar la energía térmica del terreno. En este caso, los propios pilotes de la cimentación (piezas de hormigón armado, figura 69) actúan como sondas geotérmicas, convirtiendo a la estructura en un campo de ellas. Los pilotes utilizados pueden ser prefabricados o montados *in situ*, con diámetros que varían entre 40 cm y más de 1 m.

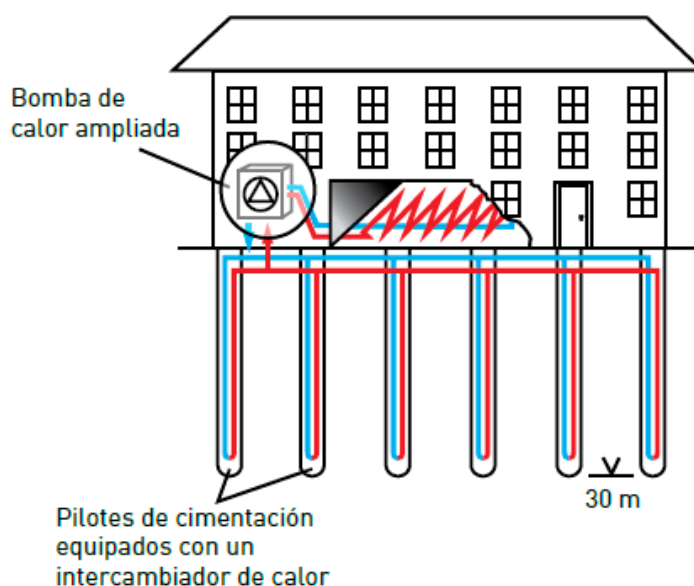


Figura 67. *Sistema de cimentaciones energéticas*

En estos sistemas, también denominados *cimientos geotérmicos, energéticos o termoactivos, geoestructuras o pilotes intercambiadores de calor*, se inserta, en la totalidad o en una parte de los pilotes, una red de tubos de polietileno, propileno o PVC, que se conforman como conductos en U (figura 68) y por los que se hace circular agua con un anticongelante, que se conectan en circuito cerrado a una bomba de calor o una máquina de refrigeración. En cada pilote, sujetos a la armadura metálica de éste, pueden situarse varios pares de tubos independientes, que convergen en superficie en un colector común. Una vez colocada la armadura del pilote en la excavación, éste se rellena con hormigón, de forma maciza o dejando el centro hueco.

La red de tubos intercambiadores constituyen la alimentación a la bomba de calor geotérmica conformando la instalación de climatización e incluso de agua caliente sanitaria.

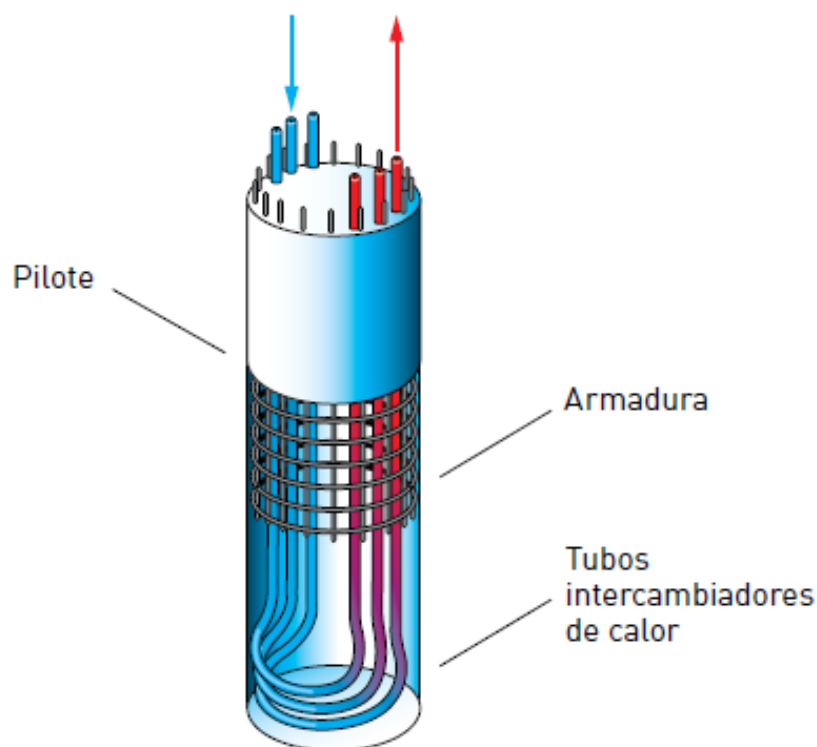


Figura: 68. Tubos intercambiadores de calor integrados en un pilote para cimentación
 (Fuente: http://www.quierosereco.com/ecoinstalaciones_termoactivos.html)

Para implantar una instalación geotérmica de estas características, es preciso el conocimiento previo de diversos factores, entre los que cabe citar las características del terreno que definen su potencial geotérmico y la velocidad de flujo de la capa freática, de la que depende, directamente, la capacidad de un conjunto de pilotes intercambiadores para almacenar energía térmica estacionalmente.

Esta tecnología, que hace años solo se utilizaba en viviendas individuales y plurifamiliares, es en la actualidad, una de las más empleadas para calentar y refrigerar edificios de grandes dimensiones en muchos países. Ofrece como ventajas un considerable ahorro de trabajo al desarrollarse de forma conjunta los proyectos

de climatización y de construcción y de espacio al situarse todo el circuito de intercambio debajo del edificio a climatizar. Su principal inconveniente es la imposibilidad que presenta la reparación de los tubos captadores una vez instalado y hormigonado el pilote. Por este motivo, lo habitual es sobredimensionar el número de pares de tubos captadores para, en caso de que alguno quede inutilizado, contar con el mínimo necesario para garantizar el suministro de calor a las bombas geotérmicas.

RANGOS ORIENTATIVOS DE RECURSO ENERGETICO

Tipo de aplicación	Temperatura en el entorno de la geoestructura	Long. De pilote: potencia por unidad de longitud.	Temperatura demanda por el usuario
Refrigeración pasiva	10 a 16°C	20 a 40 W/m	+12 a +20°C
Refrigeración	25 a 35°C	50 a 100 W/m	+8 a +12°C
Calefacción	2 a 15°C	40 a 60 W/m	+28 a +45°C

Tabla 6

TIPOS DE PILOTES

- a. Desde el punto de vista de su fabricación:
 - o Pilote prefabricado:
 - i. Diámetro comprendido entre 30 y 60 cm.
 - ii. Profundidad estimada entre 10 y 30 m.



Figura 69

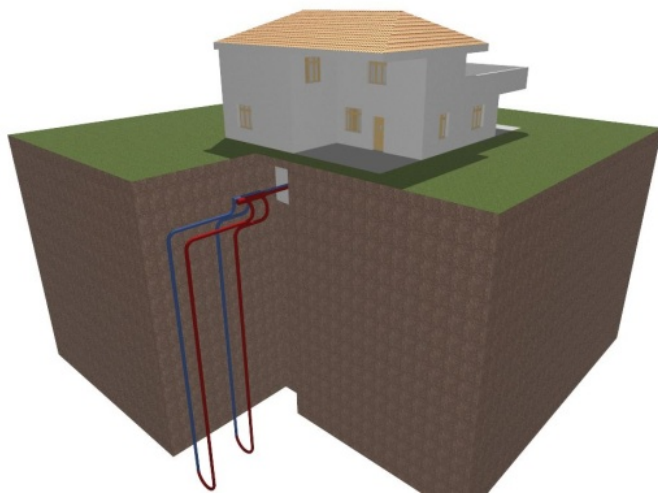
- Pilote “in-situ”
 - i. Diámetro comprendido entre 60 y 200 cm.
 - ii. Profundidad estimada hasta los 60m.



Figura: 70

- b. Desde el punto de vista del montaje:
 - A través de vibración.
 - A través de presión.
 - A través de perforación.

CAPITULO 5: PROYECTO DE INSTALACIÓN GEOTERMICA DE BAJA T^a EN VIVIENDA





En este capítulo se va desarrollar el estudio y cálculo el cálculo de una instalación de climatización con bomba de calor geotérmica de baja temperatura para una vivienda unifamiliar, que se ha seleccionado como objeto de estudio para este proyecto.

Se van a especificar las condiciones técnicas, económicas y de ejecución de la instalación de producción geotérmica de baja temperatura, formada por. Queda excluida la distribución interior.

Además de este cálculo se van a realizar la calificación energética de dicha vivienda, y se va a comparar la certificación obtenida con las que se obtendrían si se utilizara otro tipo de energía renovable como es la energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria y para una instalación de calefacción.

5.1. PROYECTO DE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

La instalación a realizar va a constar de una bomba de calor geotérmica de baja temperatura, integrando dicho sistema por:

- el sistema de intercambio térmico con el terreno,
- la conexión horizontal desde las perforaciones a la sala de máquinas,
- el colector general y el equipo de bombeo,
- bomba de calor geotérmica
- la instalación en la sala de máquinas hasta el depósito de inercia, para la producción de calefacción y agua caliente sanitaria.

Para llevar a cabo la realización de la instalación geotérmica mediante bomba de calor y colectores de captación, se hace necesaria la realización de varias perforaciones para el intercambio de calor/frío con el subsuelo y, de esta manera, obtener un recurso energético renovable como ya se ha comentado anteriormente.

El presente proyecto pretende describir los distintos factores que intervienen en la ejecución de los mismos, las necesidades energéticas de la vivienda, las características técnicas de la obra, elección y características de cada una de las partes de la instalación y cumplimiento con las normativas asociadas a dicha



instalación y de la reglamentación aplicable tanto en materia de medio ambiente como en materia minera.

Cabe mencionar que se trata de la explotación de un recurso geotérmico de baja entalpía, por lo que no se trabajará en ningún momento con fluidos geotérmicos en estado gaseoso de alta entalpía y alta presión, ni se procederá a la extracción de ningún recurso hídrico.

El intercambio geotérmico se realiza por medio de un circuito cerrado instalado en los sondeos que perforan el terreno junto a la vivienda unifamiliar en cuestión. De esta forma, se produce un intercambio de calor entre el agua-anticongelante que circula y la tierra. En invierno, la tierra transfiere al agua el calor que almacena y se utiliza para calefacción, ya que la bomba geotérmica eleva esta temperatura con su eficaz compresor a más de 55 °C si es necesario.

En el subsuelo, a partir de unos 5 metros de profundidad, los materiales geológicos permanecen a una temperatura estable, independientemente de la estación del año o las condiciones meteorológicas. En España es alrededor de 15 grados. Entre los 15 y 20 metros de profundidad, la estabilidad térmica es de unos 17 grados todo el año, que se puede considerar una verdadera fuente de calor.

Las ventajas energéticas y medioambientales del uso de esta tecnología son notables, ya que se aprovecha un recurso renovable ampliamente disponible y que, además, ofrece una gran eficiencia energética.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

En el presente proyecto se va realizar el cálculo y estudio de una instalación con bomba de calor geotérmica para una vivienda unifamiliar aislada sita en la localidad de Lorca, provincia de Murcia.

La vivienda tiene la fachada principal orientada al sureste y consta de sótano y dos plantas; con un porche en la planta, terraza en la planta primera y cerramiento de cubierta a cuatro aguas. Dispone de cuatro habitaciones dobles, despacho, dos baños, un aseo de cortesía, cocina-lavadero y además un sótano con garaje y cuarto de máquinas o de caldera.

➤ *Ubicación:*

La parcela en la que se propone la intervención se ubica en la calle Camellas nº 11, Lorca (Murcia), tal y como se puede ver detalladamente en el plano 1 de situación del anexo 3.

El solar dentro del cual se ubica la vivienda tiene una superficie aproximada y escriturada de 1577 m². Esta parcela no presenta desniveles apreciables en la

rasante de la calle, y es sensiblemente horizontal en toda su superficie. También dispone actualmente de todos los servicios urbanísticos necesarios, por lo que es apto para desarrollar el presente proyecto. La edificación cumple con separación de linderos y alineaciones que marca el Plan General de Ordenación y demás ordenanzas municipales.

➤ *Cuadro de superficies:*

Las superficies por usos del inmueble son las que se indican en el cuadro de superficies que sigue y que también se pueden ver en los planos 2 a 4 ubicados en el anexo 3:

SÓTANO	
Garaje	174,77 m ²
Sala de Máquinas	25,14 m ²
Distribuidor	7,75 m ²
TOTAL SUPERFICIE UTIL	207.66 m²
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	224.71 m²

Tabla 7

PLANTA BAJA	
Recibidor	15,18 m ²
Salón comedor	29,16 m ²
Cocina	20,55 m ²
Galería	7,34 m ²
Dormitorio 1	20,88 m ²
Baño 1	7,49 m ²
Dormitorio 2	14,27 m ²
Baño 2	5,01 m ²
Dormitorio 3	15,35 m ²
TOTAL SUPERFICIE UTIL	135,23 m²
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	194,02 m²

Tabla 8

PLANTA PRIMERA	
Pasillo	4,22 m ²
Dormitorio 4	16,15 m ²
Baño 3	7,64 m ²
Estudio	24,07 m ²
TOTAL SUPERFICIE UTIL	52,08 m²
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	71,76 m²

Tabla 9

Este cuadro de superficies se ha obtenido a partir de los planos de cotas (planos 6 a 8) del anexo 3



➤ *-Descripción de los elementos constructivos de la vivienda:*

Como se ha indicado anteriormente la edificación es una vivienda unifamiliar aislada. El uso de la construcción es residencial. La planta sótano no se climatiza, la planta baja y la planta primera estarán climatizadas con radiadores en invierno.

A continuación se van a describir cada uno de los elementos constructivos que constituyen la edificación objeto de estudio del presente proyecto:

▪ -Descripción del sistema estructural:

El sistema estructural es de estructura porticada de hormigón armado, con jácenas planas y cimentación de losa con muro perimetral de sótano. Los forjados son de vigueta unidireccional y entrevigado de bovedilla de mortero de cemento con capa de compresión de 4 cm.

▪ Descripción del cerramiento de fachada:

Los cerramientos de fachada son de tipo capuchina, con aislamiento interior, compuesta por hoja exterior de tabicón de ladrillo hueco triple revestido por la cara exterior con mortero de cemento monocapa y su parte interior con enfoscado de mortero, aislamiento de EPS poliestireno expandido y hoja interior de tabique de ladrillo hueco que se encuentra enlucido maestreado de yeso y pintado al interior.

▪ Descripción del sistema de cubrición:

La cubierta sobre la planta primera es plana transitable a la catalana, con pavimento de baldosa hidráulica en la zona de terraza.

La cubierta inclinada en la cubrición de la planta primera. Está formada por la formación de pendientes con ladrillo palomero sobre el cual se coloca el tablero de bardo cerámico, capa de compresión y teja cerámica mixta.

▪ Descripción del sistema de compartimentación:

La compartimentación interior esta ejecutada con fábrica de ladrillo hueco de distintos espesores según el tipo de compartimentación.

▪ Descripción del sistema de acabados:

Los paramentos interiores se encuentran guarnecidos, enlucidos de yeso y pintados con pintura plástica mate, excepto los cuartos húmedos que están alicatados con mortero maestreado y alicatado de gres sobre cola flexible. El alicatado esta rejuntado con pasta de juntas para espesores menores a 3 mm.



Los materiales de solado exteriores serán resistentes a las heladas y en los locales húmedos su absorción al agua será menor del 10 %.

Todas las dependencias irán soladas con baldosa de gres porcelánico de 40x40 cm y rematados con rodapié de 7 cm de altura del mismo material.

La escalera irá solada con el mismo material, pero recibiendo un tratamiento antideslizante en las piezas que formen la huella, colocándose zanquines.

El porche y el acceso irán solados con baldosa de gres de 33x33 cm. Todos los solados quedarán perfectamente nivelados y, sobre ellos se extenderá un enlechado de cemento blanco para refino de juntas.

Los baños, el aseo y la cocina se alicatarán hasta el techo en todos los paramentos verticales con azulejo de primera calidad recibido con cemento cola y rejuntado de lechada de cemento blanco.

Los vierteaguas serán piezas cerámicas a juego con el ladrillo de las fachadas, dotadas de goterón y recibidas con mortero de cemento.

El garaje llevará una terminación en pavimento continuo de cuarzo gris sobre solera pulida de hormigón.

El solado de la rampa es de terrazo de dimensiones 30x30 cm

▪ Descripción de carpinterías utilizadas:

• *Carpintería exterior*

La puerta de entrada a la vivienda será de una hoja blindada normalizada, con tablero blindado en pino, incluso precerco, cerco y tapajuntas de pino macizo, bisagras de seguridad largas, cerradura de seguridad de tres puntos, canto largo, tirador labrado y mirilla gran angular.

• *Carpintería interior*

Las puertas de paso tendrán hojas abatibles normalizadas, canteadas y molduradas, en madera de pino, para barnizar, con molduras y tapajuntas a juego, llevando la misma terminación los armarios empotrados; pero con hojas correderas. Los cercos serán macizos de 7x6 cm.

Irán acristaladas, tipo vidriera, las puertas de paso al salón-comedor, de dos hojas, y las de acceso a cocina, de una hoja.

Los herrajes para las puertas serán de latón, del modelo que se elija. Tendrán como mínimo tres pernios.



Las puertas interiores dispondrán de resbalón, con pomo y condensa interior en los baños y dormitorios.

Los armarios empotrados tendrán maletero superior e irán revestidos de madera en su interior.

Toda la carpintería quedará totalmente terminada, con tapajuntas, guardavivos, etc.

Los pasamanos de escalera se realizarán en madera de pino barnizado.

- *Carpintería metálica*

La puerta de acceso al patio será abatible de una hoja de aluminio en color blanco.

Las ventanas serán correderas de dos o tres hojas de aluminio en color blanco y las persianas serán enrollables de lamas de aluminio térmico.

La puerta de garaje tendrá una hoja basculante en chapa metálica ondulada, con su correspondiente cerco metálico y sus respectivos herrajes de seguridad y colgar.

Toda la carpintería llevará las molduras y tapajuntas correspondientes.

Las juntas con el cerramiento exterior y las uniones entre los elementos de la carpintería serán estancas al agua de lluvia o nieve, recogiendo y evacuando el agua de condensación.

Se cuidará la protección de los materiales empleados a la agresión ambiental y la compatibilidad de los materiales empleados entre sí y con los materiales de las fábricas.

Los elementos constructivos de la envolvente se han elegido considerando que cumplen con los niveles mínimos de DB HE-1 Limitación de energía, y que no implican un gran coste de ejecución.

Antes de realizar el estudio de la vivienda es preciso tramitar, ante los organismos oportunos, el correspondiente expediente de instalaciones térmicas de acuerdo con el Real Decreto 1027/2007.



5.3. CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS

Para realizar el cálculo de las cargas térmicas para el sistema de calefacción de la vivienda unifamiliar, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Características constructivas y orientaciones de fachadas
- Factor solar y protección de las superficies acristaladas
- Condiciones ambientales interiores y exteriores.
- Influencia de los edificios colindantes o cercanos
- Horarios de funcionamiento de los distintos subsistemas
- Ganancias internas de calor
- Ocupación y su variación en el tiempo y espacio
- Índices de ventilación y extracciones

El cálculo se efectuará independientemente para cada local; los locales de grandes dimensiones se dividirán en zonas teniendo en cuenta su orientación, ocupación, uso, ganancias internas, etc.

En régimen de calefacción, la máxima carga se obtendrá como suma de las cargas de cada local, considerando la simultaneidad debida a diferencias de horario.

En régimen de refrigeración, la máxima carga térmica total se obtendrá como suma de las cargas simultáneas de cada local, considerando las variaciones, en el espacio y en el tiempo, de las ganancias de calor debidas a radiación solar y cargas interiores.

En ambos casos se estudiarán distintas situaciones de demanda térmica del sistema al variar la hora del día y el mes del año. Esta búsqueda, además de conducir al hallazgo de la demanda térmica simultánea máxima, permitirá efectuar una correcta selección del fraccionamiento de potencia de los equipos en cuanto se refiere al tamaño de las unidades.

Cuando se utilicen sistemas de acumulación de energía térmica, el cálculo de cargas se efectuará para cada hora a lo largo del tiempo de funcionamiento establecido para el sistema; en el día de máxima demanda, determinándose la capacidad necesaria de acumulación para satisfacer en estas condiciones los niveles de bienestar fijados.

Por lo tanto en este capítulo se pretende explicar razonadamente cada uno de los pasos que se vayan realizando. El primer paso será fijar las condiciones



ambientales y los requerimientos energéticos consiguientes, primero del ambiente exterior y después del ambiente interior.

▪ **Condiciones ambientales**

Los márgenes admitidos de temperaturas y humedades relativas las podemos encontrar en el Reglamento de Instalaciones térmicas de Edificación (RITE) Calidad del ambiente térmico. IT 1.1.4.1 (RITE) en la Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño

Las premisas de cálculo que se van a adoptar para lograr el bienestar térmico son las indicadas en la IT 1 referente a las condiciones interiores de diseño y dimensionado.

Temperaturas.

- Temperatura seca verano: 24 °C.
- Temperatura seca invierno: 21 °C.

Humedad relativa.

- Humedad relativa verano: 60 %.
- Humedad relativa invierno: 40 %.

Intervalos de tolerancia sobre temperaturas y humedades.

- Temperatura seca (verano / invierno): 23-25 °C / 21-23 °C.
- Humedad relativa (verano / invierno): 40-60 % / 40-50 %.

▪ **CALCULO EN CONDICIONES DE INVIERNO.**

Pérdidas totales. P_T

Las pérdidas totales de una instalación se obtienen como sumatorio de las que se obtengan en cada uno de los posibles locales que conforman la edificación, esto es:

$$P_T = \sum (P_P + P_R - G_I) \cdot C_M$$

Siendo:

P_T = pérdidas totales de calor en W (Kcal/h)

P_P = pérdidas de los paramentos delimitadores en W (Kcal/h)

P_R = pérdidas por renovaciones de aire en W (Kcal/h)

G_I = posibles ganancias interiores en W (Kcal/h)

C_M = coeficiente de mayoración adimensional (debe ser mayor a 1)



Se ha realizado el cálculo de todas las estancias pero a modo de ejemplo solo se va a desarrollar el cálculo de una de las estancias de la vivienda unifamiliar. Se eligió el salón- comedor para hacer los cálculos, de esta manera podremos ver el proceso de manera simplificada, terminando el cálculo haciendo el mismo proceso para las demás estancias según veremos en el cuadro general de cargas térmicas de la vivienda.

Perdidas por paramentos delimitadores. P_p .

$$P_p = S \cdot K \cdot \Delta t$$

Siendo:

P_p = pérdidas caloríficas de los paramentos en W (Kcal/h)

S = superficie del paramento en m^2 .

K = Coeficiente de transmisión térmica en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ (Kcal/h $\cdot m^2 \cdot ^\circ C$)

$\Delta t = T_{INT} - T_{EXT} \rightarrow$ Diferencia de temperaturas.

T_{INT} = Temperatura del ambiente interior en $^\circ C$

T_{EXT} = Temperatura del ambiente exterior en $^\circ C$

Los parámetros ambientales para las condiciones de invierno se han tomado:

Invierno	Interior ($^\circ C$)	21
	Local no climatizado ($^\circ C$)	15
	Exterior ($^\circ C$)	7

En la tabla 10 se muestra las pérdidas energéticas debidas a los paramentos delimitadores de la estancia, en este caso el salón-comedor. Se realizará el mismo procedimiento en cada una de las estancias de la vivienda que estén implicadas en la instalación de calefacción

$P_p = S \cdot K \cdot \Delta t$ (W) \rightarrow Pérdidas por paramentos delimitadores en invierno				
Paramentos constructivo	Superficie S en m^2	Coef. transm. térmica en $W/m^2 \cdot ^\circ C$	Diferencia de temperatura Δt en $^\circ C$	Pérdidas en W
Salón-comedor:				
Suelo	29,16	1,20	$21^\circ - 15^\circ = 6^\circ$	209,95
Techo	29,16	1,20	$21^\circ - 21^\circ = 0^\circ$	0
Pared Norte	17,82	1,36	$21^\circ - 7^\circ = 14^\circ$	341,78
Pared Sur	17,82	0,63	$21^\circ - 21^\circ = 0$	0
Pared este	12,37	1,36	$21^\circ - 21^\circ = 0$	0
Pared oeste	12,37	0,63	$21^\circ - 7^\circ = 14^\circ$	109,103
Carpintería madera	2.20	4,2	$21^\circ - 21^\circ = 0^\circ$	0
Carpintería metálica	7,60	0,14	$21^\circ - 7^\circ = 14^\circ$	441,56
TOTAL =				1105,22

Tabla 10.

Perdidas por renovaciones de aire. P_R .

$$P_R = C \cdot d \cdot ce \cdot \Delta t$$

Siendo:

P_R = pérdidas por renovaciones en W (Kcal/h)

C = caudal de aire necesario en m^3 .

d = densidad del aire a efectos de cálculo 1,2 Kg/ m^3

ce = calor específico del aire 1000 J/Kg °C

$\Delta t = T_{INT} - T_{EXT} \rightarrow$ Diferencia de temperaturas.

T_{INT} = Temperatura del ambiente interior en °C

T_{EXT} = Temperatura del ambiente exterior en °C

La formula sustituyendo las constantes quedaría:

$$P_R = 1200 \cdot C \cdot \Delta t$$

		C	Δt	TOTAL
$P_R =$	1200	0,02187	$21^\circ - 7^\circ = 14^\circ$	367,416 W

Tabla 11

- $C = 0,75 \cdot L/S \cdot m^2 \cdot 1/1000m^3 \cdot 29,16 m^2 = 0,02187$
- Superficie del comedor = $29,16 m^2$.

Ganancias interiores. G_i .

En vivienda no se suele contar en el cálculo con ningún tipo de aportación térmica.

Coeficiente de mayoración

Se aplica al total de pérdidas producidas por los paramentos y las renovaciones de aire en cada uno de los locales independientes calefactados. En el apartado de viviendas se suelen aplicar los siguientes valores:

- Coeficiente de mayoración por orientaciones: Norte 1,15 (15%), Sur 1,00 (0%), Este 1,10 (10%) y Oeste 1,05 (5%).
- Coeficiente por habitación con más de dos paramentos al exterior: 1,05 (5%).
- Coeficiente por estar muy expuesto a la acción del viento: 1,10 (10%).

- Coeficiente por intermitencia en el funcionamiento: 1,10 (10%).

Coeficientes de mayoración para cálculo de pérdidas en calefacción.				
C _M COEFICIENTE DE MAYORACIÓN ACUMULABLES				
En habitaciones por orientación de sus fachadas	N	S	E	O
	1,15	1,00	1,10	1,05
Por habitaciones con más de una fachada				1,05
Por acción del viento en zonas muy expuestas				1,10
Por intermitencia en el régimen de funcionamiento				1,10

Tabla 12

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE MAYORACIÓN					
C _m =	Intermitencia en régimen de funcionamiento	Por acción del viento zonas expuestas	Por habitaciones con más de una fachada	Habitación con orientación fachada sur y oeste	TOTAL
C _m =	1,10	1,10	1,05	1,05	1,30

Tabla 13

Pérdidas totales del comedor.

$$P_{T\text{comedor}} = (P_P + P_R - G_I) \cdot C_M$$

	P _P	P _R	G _I	C _M	TOTAL
P _{T comedor} =	105,42	367,416	0	1,30	1910 W

Tabla 14

▪ CALCULO EN CONDICIONES DE VERANO.

Aunque en este proyecto no se van a tener en cuenta el diseño de instalación de climatización, es necesario conocer la demanda de climatización para poder hacer una buena elección de la bomba de calor.

Las condiciones ambientales que se van a utilizar en este caso son:

Verano	Interior (°C)	24
	Local no climatizado (°C)	26
	Exterior (°C)	28

Ganancias totales. G_T .

Las ganancias totales de una instalación se obtienen como sumatorio de las que se obtengan en cada uno de los posibles locales que conforman la edificación, esto es:

$$G_T = \sum [G_P + G_S + G_R + G_E + G_I] \cdot C_M$$

Siendo:

G_R = ganancias totales en W (Kcal/h)

G_P = ganancias de los paramentos delimitadores en W (Kcal/h)

G_S = ganancias solares directas en huecos delimitadores en W (Kcal/h)

G_R = ganancias por renovaciones de aire en el local en W (Kcal/h)

G_E = ganancias por estancia de personas en W (Kcal/h)

C_M = coeficiente de mayoración adimensional

Ganancias por los paramentos delimitadores. G_P .

$$G_P = S \cdot K \cdot \Delta t$$

Siendo:

G_P = Ganancias de calor en W (Kcal/h)

S = superficie del paramento en m^2 .

K = Coeficiente de transmisión térmica en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ (Kcal/h $\cdot m^2 \cdot ^\circ C$)

$\Delta t = T_{EXT} - T_{INT} \rightarrow$ Diferencia de temperaturas.

T_{INT} = Temperatura del ambiente interior en $^\circ C$

T_{EXT} = Temperatura del ambiente exterior en $^\circ C$

$G_P = S \cdot K \cdot \Delta t$ (W)		\rightarrow Ganancias de potencia en verano		
Paramentos constructivo	Superficie S en m^2	Coef. transm. térmica en $W/m^2 \cdot ^\circ C$	Diferencia de temperatura Δt en $^\circ C$	Ganancias en W
Salón-comedor:				
Suelo	29,16	1,20	2 °	69,98
Techo	29,16	1,20	4 °	139,96
Pared Norte	17,82	1,36	0 °	0
Pared Sur	17,82	0,63	4 °	44,90
Pared este	12,37	1,36	0 °	0
Pared oeste	12,37	0,63	4 °	31,17



Carpintería madera	2.20	4,2	4 °	127,68
Carpintería metálica	2,25	0,14	2 °	0,49
TOTAL =				414,20

Tabla 15

Ganancias por radiación solar directa en huecos. G_s

En aquellos casos en los que la exposición solar sobre huecos de ventana o similares sea significativa, no habría más remedio que contemplar las ganancias por este concepto según se expresa a continuación.

$$G_s = S \cdot R \cdot f$$

Siendo:

G_s = ganancia de calor en W (Kcal/h)

S = Superficie del hueco o carpintería en m^2 .

R = Radiación solar en W/m^2 (Kcal/h · m^2).

f = Factor de reducción solar del vidrio.

Para hallar R podríamos realizar mediciones in-situ o consultar varios manuales con abundantes tablas de radiación solar directa. De ellas extraemos un resumen de la radiación solar máxima aproximada, a través de vidrio sencillo, para una latitud concreta de 40° N que en verano se produce en el mes de agosto.

Lógicamente los datos expuestos se refieren todos a fachadas verticales, salvo el de la última línea que se refiere a planos horizontales para cálculos de lucernarios u otros elementos de la cubierta. En cuanto al factor solar, es un dato que hay que recabar del fabricante de sus posibles modelos.

Radiación solar máxima aproximada a 40° de latitud norte en el mes de Agosto	
Orientación	Radiación solar W/m^2 (Kcal/h · m^2)
N	44 (38)
NE	312 (276)
E	510 (439)
SE	459 (395)
S	321 (276)
SO	460 (396)
O	510 (439)
NO	321 (276)
Horizontal	675 (580)

Tabla 16



HUECOS

	S	R	f	TOTAL
G_s =	7,60	0,72	44	240,76 W

Tabla 17

Ganancias por renovaciones de aire. G_R

$$G_R = G_{RS} + G_{RL}$$

Siendo:

G_R = ganancias caloríficas por renovación de aire

G_{RS} = ganancias caloríficas por calor sensible

G_{RL} = ganancias caloríficas por calor latente

Recordar la transformación de l/s a m³/s dividiendo entre mil (en unidades alternativas 1l/s = 3,6 m³/h)

- *Calor sensible. G_{RS}*

$$G_{RS} = 1200 \cdot C \cdot \Delta t$$

		C	Δt	TOTAL
G_{RS} =	1200	0,02187	24° - 28° = 4°	104,97 W

Tabla 18

- $C = 0,75 \cdot L/S \cdot m^2 \cdot 1l/1000m^3 \cdot 29,16 m^2 = 0,02187$
- Superficie del comedor = 29,16 m².

- *Calor latente. G_{RL}*

$$G_{RL} = 3000 \cdot C \cdot \Delta h_e$$

		C	Δh_e	TOTAL
G_{RL} =	3000	0,02187	7	341,17 W

Tabla 19

- C = caudal en metros cúbicos
- Superficie del comedor = 29,16 m².
- $\Delta h_e \rightarrow$ Abaco psicrometrico

Ganancias por estancia de personas. G_E

El calor desprendido por las personas por su temperatura, por la simple respiración y por el sudor, tiene una repercusión muy importante. En este sentido se deben de calcula por separado las potencias caloríficas derivadas del calor sensible y las del latente, aportadas por este concepto.



$$G_E = G_{ES} + G_{EL}$$

Siendo:

G_E = ganancia total por estancia de personas en W (Kcal/h)

G_{ES} = ganancias por calor sensible en W (Kcal/h)

G_{EL} = ganancias por calor latente en W (Kcal/h)

Potencia térmica aproximada aportada por las personas		
Tipo de local:	W (Kcal/h) desprendidos por persona	
	Calor sensible	Calor latente
Teatros, cines	60	40
Viviendas, Hoteles	65	55
Restaurantes, cafeterías	75	95
Locales comerciales	90	95
Oficinas	65	70
Bailes, salas de fiesta	120	255
Gimnasios	185	340

Tabla 20

– Calor sensible. G_{ES}

$$G_{ES} = np \cdot cs$$

Siendo:

G_{ES} = ganancia calor sensible por estancia de personas en W (Kcal/h)

np = el número de personas que van a permanecer en el local

cs = el calor sensible por persona en W (Kcal/h)

		CS	TOTAL
$G_{ES} =$	3	65	195 W

Tabla 21

– Calor latente. G_{EL}

$$G_{EL} = np \cdot cl$$

Siendo:

G_{EL} = ganancia calor sensible por estancia de personas en W (Kcal/h)

np = el número de personas que van a permanecer en el local

cl = el calor latente por persona en W (Kcal/h)

		CL	TOTAL
$G_{EL} =$	3	55	165 W

Tabla 22

$$G_E = G_{ES} + G_{EL}$$



	G_{ES}	G_{EL}	TOTAL
$G_E =$	195	165	360 W

Tabla 23

Otras ganancias interiores

Son las debidas fundamentalmente a la iluminación artificial o la maquina existente. En cuanto a la primera se evaluará en Vatios la repercusión de su potencia en la producción de calor según el tipo de lámparas:

- Se tomará el 100% de la potencia de las lámparas incandescentes a la tensión normal 220 V.
- Se tomará al menos un 115% de la potencia de las lámparas de bajo voltaje que utilicen transformadores convencionales, o un 110% si son fuentes electrónicas.
- Se tomará un 125% la potencia de los tubos fluorescentes o descarga en general con equipos convencionales de encendido, que podría reducirse en el caso de utilizar equipos electrónicos.

Coefficiente de mayoraciones.

La ITE 03.6 establece la necesidad de mayorar las necesidades energéticas del sistema por las pérdidas de las redes de distribución. También se habla de la necesidad de aplicar además un coeficiente de intermitencia en función de la inercia térmica y régimen de uso del edificio. En todos los casos se debe aplicar y justificar su cuantificación.

Mayoraciones del 25% e incluso superiores, podrían estar justificadas si a los dos conceptos anteriores añadimos las imponderables desviaciones de la ejecución normal del edificio, todo ello frente al desmesurado perjuicio que ocasionaría la sustitución de los equipos energéticos.

- Vamos a utilizar por tanto un coeficiente de mayoración del 30% → **1,30**

Este mismo sistema lo debemos aplicar a todas las estancias que vamos a climatizar en la vivienda unifamiliar dándonos como resultado la siguiente tabla:



PLANTA	DENOMINACIÓN	TIPO	CARGA REFRIGERACIÓN (W)	CARGA CALEFACCIÓN (W)
PLANTA SÓTANO	Hueco escalera sótano	No habitable	-	-
	Sótano	No habitable	-	-
PLANTA BAJA	Despensa	No acondicionado	-	-
	Salón	Acondicionado	1910	1900
	Cocina	Acondicionado	1564	1682
	Recibidor + escalera	Acondicionado	1271	1572
	Dormitorio 1	Acondicionado	896	1279
	Dormitorio 2	Acondicionado	676	656
	Dormitorio 3	Acondicionado	731	966
	Baño 1	Acondicionado	-	466
	Baño 2	Acondicionado	-	536
PLANTA PRIMERA	Dormitorio 4	Acondicionado	780	1021
	Estudio	Acondicionado	1570	2048
	Baño 3	Acondicionado	-	565
	Escalera	Acondicionado	665	1287
TOTAL PB			7048	9057
TOTAL P1			3015	4921

Tabla 24. *Resumen de las cargas térmicas de calefacción y refrigeración para cada una de las estancias de la vivienda unifamiliar*

5.4. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

Se decide climatizar el recinto mediante una instalación de bombas de calor geotérmica, dicha instalación podría ser compatible con cualquier sistema que tenga distribución de agua a las unidades terminales.

El sistema de climatización mediante bomba de calor geotérmica, se basa en una bomba de calor conectada a la tierra mediante el uso intercambiadores de polietileno enterrados por los que circula agua con anticongelante (20% de monoetilenglicol). Este sistema tiene una eficiencia mucho mayor que los sistemas convencionales puesto que intercambian con un foco de temperatura constante (el terreno).

El sistema geotérmico consta por lo tanto de los siguientes elementos:

- Bomba de calor agua-agua,
- Colectores de PE de alta densidad,
- Bomba de circulación,

- Depósito de expansión y
- Elementos de fontanería (válvulas, filtros, manómetros, etc...)

El agua se repartirá en diferentes circuitos dependiendo del tamaño de la zona a servir y de la orientación.

Emplazamiento Geográfico.

Como ya se definió, el edificio donde se realizarán las perforaciones se encuentra ubicado en el término municipal de Lorca. Se trata de una parcela situada en el casco urbano de dicha localidad. No se encuentra situado sobre ninguna estructura u obra tales como túneles, vías de agua, etc. En el Plano nº 19 del anexo planos, queda perfectamente situada la ubicación de la zona destinada a la realización de los sondeos.

- Geología de la zona.

En nuestro caso de estudio, se determinará la conductividad del terreno según datos geotécnico, para de esa manera afinar más en los cálculos. Según datos obtenidos del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Ciencia e Innovación, se obtienen las distintas conclusiones referentes al tipo de terreno en la ubicación del proyecto a través de la Carta Magna del terreno de la figura 71.

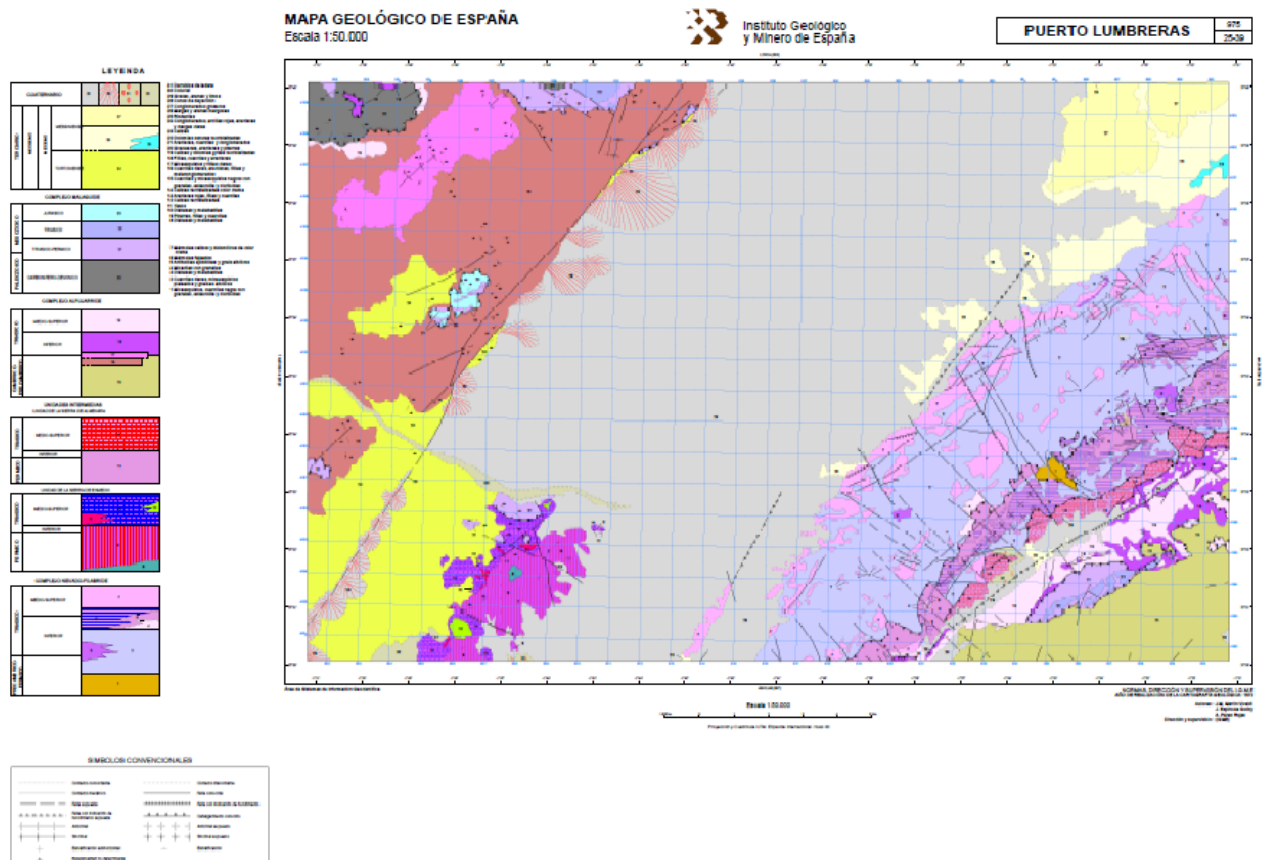


FIGURA: 71. Carta magna del terreno Hoja 975

El terreno del término de Lorca, tal y como observamos en el mapa de la figura 71, son principalmente gravas, arenas y limos. Para dicho material, se estima una conductividad de 1 W/(mK) tal y como se vio en la figura 43 de capítulo 4.

5.4.1. DESCRIPCION DE ELEMENTOS

- Sistema de captación o intercambio.

El número de perforaciones total de esta instalación es de 2 perforaciones de 115 metros de profundidad (ver planos adjuntos en anexo planos). Cada una de las perforaciones irá unida a un colector de ida y vuelta. Se situarán en la parte más alta de los pozos, para facilitar el purgado de la instalación. Además a la entrada de cada uno de los pozos se dispondrán válvulas de regulación para asegurar el equilibrio de los pozos.

Se opta por separar las perforaciones entre ellas a 7 metros, así se minimizará la influencia de los pozos entre ellos. Las perforaciones se ejecutarán con anterioridad a la cimentación de la edificación, y se situarán según plano 19.

- Filtros.

Cada circuito hidráulico se protegerá mediante un filtro de 1 mm de paso como máximo, dimensionándose para una velocidad del fluido inferior al de las tuberías contiguas. En el caso de los contadores de agua y otros elementos de precisión, el tamiz máximo de los filtros será de 0.25 mm.

- Vasos de expansión.

El diseño de la instalación deberá prever un sistema que absorba la dilatación del fluido y asegure un valor mínimo de la presión en el circuito. Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

En particular, tanto el vaso de expansión del circuito primario como del secundario, se dimensionarán para absorber los siguientes fenómenos:

- Aumentos de temperatura (y por tanto volumen).
- En épocas de invierno, poseer una reserva para evitar el efecto contrario, es decir, que a bajas temperaturas disminuya la presión con el riesgo de formación de bolsas de aire.

Para el cálculo de los vasos de expansión cerrados de esta instalación utilizaremos la Instrucción UNE 100-155-88:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p \quad (21)$$

Donde:

V_t : Volumen total del vaso.

V : Volumen de fluido.

C_e : Coeficiente de expansión

C_p : Coeficiente de presión.

El coeficiente de expansión de la mezcla de agua y etilenglicol es a la temperatura del fluido entre 30°C y 120°C:

$$C_e = (3,24 \cdot t^2 + 102,13 \cdot t - 2708,3) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ K^{-1} \quad (22)$$

Al ser el fluido caloportador una mezcla de agua con monoetilenglicol dicho coeficiente debe de multiplicarse por el siguiente factor de corrección:

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot t + 32)^b \quad (23)$$

Donde:

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500)$$

Válido para un contenido en glicol entre el 20% y el 50 % en volumen. El coeficiente de expansión es siempre positivo y menor que la unidad y representa la relación entre el volumen útil del vaso y el volumen del fluido contenido en la instalación.

El coeficiente de presión para el cálculo del volumen total de los vasos de expansión cerrados sin trasiego de fluido al exterior del sistema se halla partiendo de la evacuación de estado para gases perfectos, considerando que la variación de volumen tenga lugar a temperatura constante (Ley de Boyle y Mariotte).

Este coeficiente, positivo y mayor que la unidad, representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión.

$$C_p = V_t / V_u \quad (24)$$

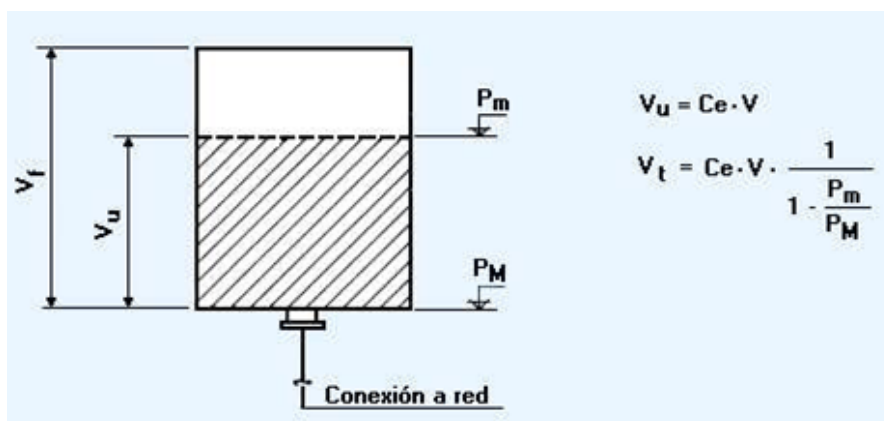


Figura 72. Características del vaso de expansión

En nuestro caso, el vaso de expansión posee diafragma por lo que dicho coeficiente se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$Cp = \frac{P_M}{P_M - P_m} \quad (25)$$

Siendo:

P_M : La presión máxima de funcionamiento en el vaso de expansión (valores absolutos).

P_m : La presión mínima de funcionamiento en el vaso de expansión (valores absolutos)

El valor mínimo de la presión se fija de forma que se mantenga en el punto más alto del sistema una presión superior a la atmosférica (1.5 kg/cm²).

Los vasos de expansión dispondrán de válvula de seguridad.

- **Purga de aire.**

En los puntos altos de la instalación y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de des-aireación y purgadores manuales o automáticos.

- **Vaciado.**

Todos los circuitos de la instalación, así como baterías de captadores y acumuladores, poseerán un sistema que permita vaciar por gravedad la instalación en su totalidad, con una sección mínima nominal de 20 mm. La conexión entre la llave de vaciado y el desagüe se realizará de forma que el paso de agua sea visible.



▪ Valvulería.

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) Para aislamiento: válvulas de esfera.
- b) Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento o dinámicas.
- c) Para vaciado: válvulas de esfera.
- d) Para llenado: válvulas de esfera.
- e) Para seguridad: válvula de resorte.
- f) Para retención: válvulas de disco.

Para evitar la circulación inversa se colocarán válvulas antiretorno en los circuitos primario y secundario.

Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación.

▪ Equipo generador de energía térmica.

El generador de energía térmica va a ser una bomba de calor geotérmica de baja temperatura. Para realizar su elección será necesario conocer las demandas de energía calorífica y frigorífica en función de las cargas térmicas de la vivienda, tal y como se han calculado en el apartado anterior, y según estas la elección del equipo de generación térmica para la edificación se realiza en el apartado 5.4.4:

▪ Sistema de transporte de fluidos.

El sistema geotérmico estará constituido por un sistema de tuberías de PE de alta densidad PN16 por las que circulará una mezcla de agua con anticongelante (20% de monoetilenglicol). Las sondas del material descrito que serán introducidas en las perforaciones serán simples (una por perforación) y su diámetro será de 40mm. Este sistema constituye el condensador de la bomba de calor geotérmica y realiza el intercambio térmico entre la bomba de calor agua-agua y el terreno.

▪ Unidades terminales.



Las unidades terminales en esta vivienda constan de radiadores en la primera y segunda planta. Se definirán en el apartado del caso 2 de Calener VyP donde aparece su ficha técnica y dimensiones.

- **Redes de distribución de agua.**

El material utilizado en los pozos, en la conexión horizontal y en el tramo desde el colector a la bomba va a ser polietileno PE100 DN 16SDR11.

El material utilizado en el secundario de la bomba de calor geotérmica y de la enfriadora será cobre EN-1057, aislando la instalación mediante coquilla elastomérica tipo Armaflex SH o similar según RITE.

Para evitar el fallo o rotura de la instalación por culpa de las posibles dilataciones provocadas por el cambio de temperatura del agua, se cumplirá todo lo expuesto en la IT 01.3, poniendo dilatadores en aquellos tramos de longitud mayor de 20 metros y utilizando sujeciones flexibles para permitir la libre dilatación de las tuberías en toda la instalación. Las sujeciones no se situarán cerca de los codos de las tuberías, dejando una distancia prudencial, para no evitar de este modo el libre movimiento de las tuberías.

- Características comunes de la sala de máquinas o local técnico según normativa UNE aplicable.

Se considera sala de máquinas al local técnico donde se alojan los equipos de producción de frío o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica, con potencia superior a 100 kW. Los locales anexos a la sala de máquinas que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior a través de la misma sala se consideran parte de la misma.

Las exigencias de este apartado deberán considerarse como mínimas, debiendo cumplirse, además, con la legislación de seguridad vigente que les afecte.

Los locales que tengan la consideración de salas de máquinas deben cumplir las siguientes prescripciones, además de las establecidas en la sección SI-1 del Código Técnico de la Edificación:

- a) No se debe practicar el acceso normal a la sala de máquinas a través de una abertura en el suelo o techo.
- b) Las puertas tendrán una permeabilidad no mayor a $1 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ bajo una presión diferencial de 100 Pa, salvo cuando estén en contacto directo con el exterior.



- c) Las dimensiones de la puerta de acceso serán las suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- d) Las puertas deben estar provistas de cerradura con fácil apertura desde el interior, aunque hayan sido cerradas con llave desde el exterior.
- e) En el exterior de la puerta se colocara un cartel con la inscripción "Sala de Máquinas: Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio":
- f) No se permitirá ninguna toma de ventilación que comunique con otros locales cerrados.
- g) Los elementos de cerramiento de la sala no permitirán filtraciones de humedad.
- h) La sala dispondrá de un eficaz sistema de desagüe por gravedad o, en caso necesario, por bombeo.
- i) El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general estará situado en las proximidades de la puerta principal de acceso. Este interruptor no podrá cortar la alimentación al sistema de ventilación de la sala.
- j) El interruptor del sistema de ventilación forzada de la sala, si existe, también se situará en las proximidades de la puerta principal de acceso.
- k) El nivel de iluminación medio en servicio de la sala de máquinas será suficiente para realizar los trabajos de conducción e inspección, como mínimo, de 200 lux, con una uniformidad media de 0,5.
- l) No podrán ser utilizados para otros fines, ni podrán realizarse en ellas trabajos ajenos a los propios de la instalación.
- m) Los motores y sus transmisiones deberán estar suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal.
- n) Entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala de máquinas deben dejarse los pasos y accesos libres para permitir el movimiento de equipos, o de partes de ellos, desde la sala hacia el exterior y viceversa.



- o) La conexión entre generadores de calor y chimeneas debe ser perfectamente accesible.
- p) En el interior de la sala de máquinas figurarán, visibles y debidamente protegidas, las indicaciones siguientes:
 - i. Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido.
 - ii. El nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación.
 - iii. La dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo, y del responsable del edificio.
 - iv. Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos.
 - v. Plano con esquema de principio de la instalación.

- Accesos.

- La puerta de acceso comunicará directamente con el exterior o a través de un vestíbulo con el resto del edificio.
- Ningún punto de la sala estará a más de 15 metros de una salida.
- Las puertas de acceso abrirán siempre hacia fuera.
- Las puertas tendrán una permeabilidad no superior a 1 l/(sxm²) bajo una presión diferencial de 100 Pa, salvo cuando estén en contacto directo con el exterior.
- La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180.
- La clase de combustibilidad de los materiales empleados en los cerramientos y acabados de la sala será MO.
- Cada salida estará señalizada por medio de un aparato autónomo de emergencia.
- El resto de requisitos necesarios para el acceso se rigen según UNE 100.020 y UNE 60.601.



5.4.2. JUSTIFICACIÓN, CUMPLIMIENTO Y RESULTADOS TERMICOS DE LA INSTALACIÓN EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

5.4.2.1. Justificación de cumplimiento de las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE.

De acuerdo con lo indicado en el artículo 16, número 3, del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), el proyecto redactado por el técnico debe describir la instalación térmica en su totalidad, sus características generales y la forma de ejecución de la misma, con el detalle suficiente para que pueda valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución y que se ajuste y contiene cumple las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE.

✓ *Cumplimiento de la Exigencia de Bienestar Térmico e Higiene según IT 1.1:*

a) *Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.*

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

PARÁMETROS	LÍMITE
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

Tabla 25. *Límites de la calidad del ambiente interior según IT 1.1*

✓ *Cumplimiento de la Exigencia de Eficiencia Energética según IT 1.2*

En virtud de la normativa vigente y con el fin de obtener el máximo ahorro energético, se establecen las siguientes medidas:

a) *Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío, apartado 1.2.4.1*

La potencia que suministran las unidades de producción de calor que utilizan energías convencionales se ajustará a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través



de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.

Se excluyen de cualquier tipo de climatización los locales de los edificios normalmente desocupados, como pueden ser almacenes y locales de instalaciones.

Las instalaciones de calefacción y refrigeración se han diseñado en varios circuitos realizados estos sobre unos criterios de flexibilidad y zonificación.

b) Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío, apartado 1.2.4.2

▪ **Aislamiento térmico tuberías.**

Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico.

Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante. Para evitar condensaciones intersticiales se instalará una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que $50 \text{ MPa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s/g}$.

En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se opta por el procedimiento simplificado.

Procedimiento simplificado.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento todo el año, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.



Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $A_{ref} = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ a 10°C , se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

Para sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[\exp\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln\left(\frac{D+2\cdot d_{ref}}{D}\right)\right) - 1 \right] \quad (26)$$

- d : Espesor mínimo de aislamiento (mm).
- d_{ref} : Espesor mínimo de aislamiento en las tablas del RITE (mm).
- D : Diámetro interno de la superficie de sección circular (mm).
- λ : Conductividad térmica del material ($\text{W/(m}\cdot\text{K)}$).
- λ_{ref} : Conductividad térmica de referencia ($0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).

▪ **Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos**

La selección de los equipos de propulsión de los fluidos portadores se realizará de forma que su rendimiento sea máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento.

Para sistemas de caudal variable, el requisito anterior deberá ser cumplido en las condiciones medias de funcionamiento a lo largo de una temporada.

Se justificará, para cada circuito, la potencia específica de los sistemas de bombeo, denominado SFP y definida como la potencia absorbida por el motor dividida por el caudal de fluido transportado, medida en $\text{W/(m}^3/\text{s)}$.

Para las bombas de circulación de agua en redes de tuberías será suficiente equilibrar el circuito por diseño y, luego, emplear válvulas de equilibrado, si es necesario.

▪ **Eficiencia energética de los motores eléctricos**

La selección de los motores eléctricos se justificará basándose en criterios de eficiencia energética.



En instalaciones térmicas en las que se utilicen motores eléctricos de inducción con jaula de ardilla, trifásicos, protección IP 54 o IP 55, de 2 o 4 polos, de diseño estándar, de 1,1 a 90 kW de potencia, el rendimiento mínimo de dichos motores será el indicado en la tabla 2.4.2.8 del RITE.

La eficiencia deberá ser medida de acuerdo a la norma UNE-EN 60034-2

▪ **Redes de tuberías**

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

c) Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3.

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

- **Control de las condiciones termohigrométricas**

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

- *THM-C1*: Variación de la temperatura del fluido portador (agua) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- *THM-C2*: Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.
- *THM-C3*: Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- *THM-C4*: Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.
- *THM-C5*: Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

d) Justificación del cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos del apartado 1.2.4.4.



La instalación térmica debe de dispone de un dispositivo que permite efectuar la medición y registrar el consumo de energía eléctrica de forma separada del consumo a otros usos del edificio, además de un dispositivo que registra el número de horas de funcionamiento del generador.

SALA DE MÁQUINAS SEGÚN NORMA UNE APLICABLE.

Clasificación.

La bomba de calor geotérmica dispondrá de una sala de máquinas propia.

Dimensiones y distancias a elementos estructurales.

Las dimensiones y ubicación del colector de sala de máquinas se pueden apreciar en lo plano 19 adjunto.

✓ *Cumplimiento de la Exigencia de Eficiencia Energética según IT 1.3*

a) Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.3.4.2.

- **Alimentación**

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua. El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

T a b l a 2 5	Potencia térmica nominal (kW)	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
	$P \leq 70$	15	20
	$70 < P \leq 150$	20	25
	$150 < P \leq 400$	25	32
	$400 < P$	32	40

Tabla 26. *Diámetros de conexión de las tuberías de alimentación según la potencia térmica nominal*

- **Vaciado y purga**

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación y por medio de los colectores, con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frío
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Tabla 27: *Diámetros mínimos de los colectores de purga y vaciado según la potencia térmica nominal*

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

- **Expansión y circuito cerrado**

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionado de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

- **Dilatación, golpe de ariete, filtración**

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

b) Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 1.3.4.3.

Se cumplirá la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que sea de aplicación a la instalación térmica

La sala de máquinas estará dotada de sistemas de protección contra incendios conforme a lo especificado en el Documento Básico DB-SI "Seguridad en caso de Incendio" del C.T.E., y a lo reflejado en el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.



c) Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 1.3.4.4.

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

5.4.2.2. Características técnicas mínimas de los equipos y materiales, de sus condiciones de suministro y ejecución, de las garantías de calidad y del control de recepción de la obra

Las características técnicas mínimas que deben reunir los equipos y materiales que conforman la instalación proyectada, así como sus condiciones de suministro y ejecución, las garantías de calidad y el control de recepción de la obra que deba realizarse vienen indicadas en el pliego de condiciones del presente proyecto.

Verificaciones y pruebas para el control de la ejecución de la instalación y de la instalación terminada.

Las verificaciones y las pruebas que deban efectuarse para realizar el control de la ejecución de la instalación y el control de la instalación terminada vienen indicadas en el pliego de condiciones del presente proyecto.

5.4.2.3. Manual de Uso y Mantenimiento" con instrucciones de seguridad, manejo maniobra, y programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada de acuerdo con la IT 3

Las instrucciones de uso y mantenimiento de acuerdo con las características específicas de la instalación, mediante la elaboración de un "Manual de Uso y Mantenimiento" que contendrá las instrucciones de seguridad, manejo y maniobra, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada de acuerdo con la

IT 3, contenidos, se realizarán a lo largo de la dirección de obra del proyecto y se presentará con el certificado final de obra del mismo.

5.5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA EN VIVIENDA

5.5.1. CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO SEGÚN IT 01.

Para lograr el bienestar térmico aplicaremos la IT 01 referente a las condiciones interiores de diseño y dimensionado, por lo que tendremos en cuenta todo lo que especifica la UNE-EN ISO 7730 donde se determinarán las condiciones en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta, debiendo estar la temperatura interior comprendida entre 23 y 25 °C y la humedad relativa interior entre los valores del 40 al 60%.

Estos valores son los mismos que se definieron en el apartado 5.3 para el cálculo de las cargas térmicas y que a continuación se detallarán otros aspectos no tenidos en cuenta anteriormente.

Se define Bienestar Térmico con aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afectan a la sensación de bienestar de los ocupantes.

De esta manera los valores serán:

- **Velocidad del aire.**

No aplica en lo que respecta a la instalación de climatización con bombas de calor con distribución de agua, pero la instalación de un sistema de ventilación mecánica obliga a considerar una velocidad del aire de 2,5 m/s tal y como se estima en instalaciones de confort

- **Ruidos y vibraciones.**

- La instalación se ha diseñado con el fin de evitar vibraciones y ruidos. Para conseguirlo las unidades térmicas asientan sobre bancadas adecuadas con soportes antivibratorios.
- Los cerramientos de las salas de calderas serán tales que eviten los ruidos en los locales colindantes.
- Se van a instalar manguitos antivibratorios en las conexiones entre las tuberías y todo elemento mecánico susceptible de provocar vibraciones.



- Para el cálculo de las tuberías, la velocidad será de entre 0,5-2 m/s evitando así ruidos y caídas de presión, los acoplamientos serán elásticos para evitar vibraciones, así como las sujeciones de las tuberías para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones.
- **Contaminación ambiental interior.**

No se permitirán en las zonas ocupadas, concentraciones de contaminación superiores a las indicadas a continuación:

- Monóxido de carbono CO: 1/10.000
- Anhídrido carbónico CO₂: 50/10.000
- Partículas: 30 mgr/m³
- Ozono: 0,05 p.p.m.

5.5.2. CONDICIONES AMBIENTALES EXTERIORES

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, ya que los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos en la IT 1.1.4.1.

Para el cálculo del sistema geotérmico se han tenido en cuenta los valores siguientes:

- **Latitud y longitud**
 - 37°39' 51,45" N
 - 1°41' 38,99" O
- **Altitud.**
 - 350 metros sobre el nivel del mar.
- **Temperatura terreno.**
 - 15 °C

5.5.3. CÁLCULO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO Y BOMBAS

- ❖ Cálculo de las tuberías.

- **Características del fluido: densidad, composición, viscosidad, etc.**

El fluido transportado por las tuberías para el circuito primario de la bomba de calor geotérmica es una mezcla de agua con anticongelante (20% de monoetilenglicol).

Las características del etilenglicol son:

Apariencia	Líquido Transparente
Color	Amarillo-Fluorescente
Punto de ebullición	Aprox. 170°C
pH a 20°C	9,0-9,5
Flash point	> 100°C
Densidad a 20°C	1,13 - 1,14 g/cc
Viscosidad a 20°C	27,0 mPas
Capacidad Calorífica a 20°C	2,30 KJ/KgK
Coefficiente de expansión térmica	0,00054 1/K
Reserva alcalina	min. 7 ml HCl 0,1N

Tabla 28. *Características del etilenglicol*

La densidad dependerá de la temperatura del fluido, por ejemplo:

Mezcla (80% agua +20% monoetilenglicol):

Para 5°C es 1.031,41 kg/m³.
Para 35°C es 1.021,49 kg/m³.

La viscosidad cinemática, también dependerá de la temperatura del fluido:

Mezcla (80% agua +20% monoetilenglicol):

Para 5°C es 2,7 mm²/seg
Para 35°C es 1,116 mm²/seg

En el resto de los circuitos de sala de máquinas, el fluido caloportador será el agua, en este caso:

La densidad dependerá de la temperatura del fluido:

Para 5°C es 1000 Kg/m³.
Para 35°C es 994,08 kg/m³.

La viscosidad cinemática dependerá de la temperatura del fluido:

Para 5°C es 1,519·mm²/seg.
Para 35°C es 0,724·mm²/seg.



- **Parámetros de diseño.**

Los parámetros de diseño de los pozos son:

Velocidad máxima: 3 m/seg.
Re>2300

Los parámetros de diseño de la conexión horizontal que transcurre por el interior del edificio son:

Velocidad máxima: 2 m/seg.
Perdida de carga máxima: 40 mmca/m

Los parámetros de diseño de la red de tuberías de sala de máquinas son:

Velocidad máxima: 4 m/seg.
Perdida de carga máxima: 40 mmca/m

- **Factor de transporte.**

No se contempla, al no ser la potencia térmica transportada en ningún caso superior a 500 Kw.

- **Valvulería.**

La valvulería prevista para la red de tuberías, se compondrá de válvulas de corte para aislar tramos, purgadores automáticos, válvulas de equilibrado, válvulas de seguridad, válvulas mezcladoras de 3 vías motorizadas, válvulas de presión diferencial y demás elementos accesorios.

Todas las válvulas de corte de menos de 3" serán de ¼ de giro de bola.

Las válvulas mezcladoras de 3 vías serán de un diámetro inferior al del circuito que controlan para que, de esta manera, su autoridad dentro del circuito sea la correcta.

Las pérdidas de carga a tener en cuenta para cada válvula dependerán de su diámetro, material y caudal que trasiega. En este proyecto dichas pérdidas han sido obtenidas de los catálogos correspondientes.

- **Elementos de regulación.**

Como elementos de regulación de la instalación se instalarán:

- Válvulas mezcladoras motorizadas de 3 vías para regular la temperatura del agua de impulsión en función de la temperatura en el exterior.



- Válvula de presión diferencial para evitar que las bombas de dichos circuitos trabajen en vacío.
- Sondas de temperatura y centralitas de regulación correspondientes.

- **Sectorización.**

Se han colocado válvulas de corte en lugares estratégicos de la instalación para, en caso de necesidad, poder dejar sin servicio solamente la zona afectada sin que el resto de la instalación tenga que parar.

La situación de dichas válvulas se puede apreciar en los planos correspondientes.

- **Parámetros de diseño.**

A continuación se muestra la tabla de cálculo de las tuberías, obtenida tras el cálculo de la instalación.

Determinación del caudal de cada tramo, de final a origen, en función de los emisores o receptores a los que alimenta:

Para el cálculo de las pérdidas de carga (h) en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Darcy.

$$h = \frac{8 \cdot f \cdot l \cdot Q^2}{g \cdot D^5 \cdot \pi^2} \quad (27)$$

Siendo:

f : Factor de fricción de Darcy- Weisbach

l : Longitud crítica de la tubería.

Q : Caudal.

g : Aceleración de la gravedad.

D : Diámetro de la tubería.

Para que el intercambio térmico entre el fluido y la tierra sea lo más eficiente posible, el fluido que circula por el interior de los pozos deberá de circular con un régimen turbulento, por lo que el numero de Reynolds deberá ser mayor de 2300.

Para el cálculo del factor de fricción utilizaremos la formula de Konakov para régimen turbulento.



$$f = \frac{1}{(1,81 \cdot \log R_e - 1,5)^2} \quad (28)$$

Teniendo en cuenta la longitud y el número de puntos singulares se estima la pérdida de carga accidental como el incremento de un 15% en la longitud de cada tramo

A continuación se muestra la tabla de cálculo de las tuberías, en la cual se ha tenido en cuenta los accesorios de cada tramo.

Siendo el caudal del primario de la bomba de calor geotérmica de 2,86 m³/h y las tuberías de **PE100 DN16 SDR11**.

TRAMO	D (mm)	espesor (mm)
Pozos	40	3,7
Pozo-colector	40	3,7
Colector-Bomba de calor geotérmica	50	4,6

Tabla 29. *Dimensiones de las tuberías del circuito primario de la instalación geotérmica*

TRAMO	Q (m ³ /s)	Dint (mm)	V (m/s)	L (m)	Re	f	h (mmca/m)
Pozos	0,00039722	32,6	0,476	230	5739,579	0,0402	14,230
Pozo -colector	0,00039722	32,6	0,476	40	5739,579	0,0402	14,230
Colector - bomba de calor geotérmica	0,00079444	40,8	0,608	20	9172,072	0,0355	16,378

Tabla 30. *Características para el cálculo de las tuberías del circuito primario de la instalación geotérmica*

El secundario de la bomba de calor tiene un caudal de 2,73 m³/h y las tuberías de multicapa Pex-Al-Pex.

TRAMO	D (mm)	espesor (mm)
Secundario bomba geotérmica	50	4

Tabla 31. *Dimensiones de las tuberías del secundario de la instalación geotérmica*

TRAMO	Q (m ³ /s)	Dint (mm)	V (m/s)	L (m)	Re	f	h (mmca/m)
Secundario	0,00075833	41	0,574	40	8712,451	0,0325	13,314



bomba geotérmica							
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 32. *Características para el cálculo de las tuberías del circuito secundario de la instalación geotérmica.*

❖ Cálculo de los espesores del aislamiento en superficies de sección circular:

Según el procedimiento simplificado de la IT 1.2.4.2.1, los espesores mínimos de aislamiento térmico, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m.K), como lo es el aislamiento térmico de coquilla Armaflex que se va a utilizar, son los indicados en las siguientes tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4 del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Estas tablas están representadas en las 32 a 35 de este proyecto.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 33. *Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios* (Tabla 1.2.4.2.1 del RITE)

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 34. *Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios* (Tabla 1.2.4.2.2 del RITE)

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	30	20	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

Tabla 35. *Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios* (Tabla 1.2.4.2.3 del RITE)

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)
------------------------	------------------------------------



	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	50	40	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

Tabla 36. *Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios* (Tabla 1.2.4.2.4 del RITE)

Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.

Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $\lambda_{ref} = 0,04$ W/ (m·K) a 10°C, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando por la ecuación 26, indicada anteriormente en este capítulo.

Una vez tenidas en cuenta estas consideraciones se muestran en la tabla 37 los espesores del aislamiento calculados para cada tramo son:

TRAMO	D (mm)	d _{ref} calor (mm)	d _{ref} frío (mm)	λ	λ_{ref}	d calor (mm)	d frío (mm)	d (mm)
Colector-Sala de máquinas	50	30	40	0,04	0,038	32,3 ₃	43,35	43,35
Secundario bomba geotérmica	50	30	40	0,04	0,038	32,3 ₃	43,35	43,35

Tabla 37. *Espesores de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios para la instalación geotérmica de la vivienda unifamiliar sujeta a este proyecto.*



❖ Calculo de la bomba de circulación.

El caudal que debe suministrar la bomba de circulación viene dado por las especificaciones técnicas de las bombas de calor:

En la vivienda objeto de estudio, las bombas de circulación van incorporadas en la bomba de calor geotérmica, siendo por tanto de las siguientes características:

$$Q = 2800 \text{ l/h}$$

$$h = 4 \text{ mca}$$

❖ Cálculo del volumen del depósito de inercia.

El motivo principal de la existencia de un depósito de inercia es el de evitar arranques y paradas continuas del compresor de la bomba de calor. Por lo que los datos de partida necesarios para el cálculo de la inercia térmica son:

- El volumen total de la instalación: *66 lt*
- El escalón mayor de capacidad del sistema de enfriamiento: *15,9 kW*.
- Etapas de capacidad: 1 (0-50-100).
- Incremento máximo de temperatura durante la parada de los compresores:

El *tiempo de seguridad* recomendado por los fabricantes de compresores entre arranques sucesivos es de 10 minutos, por tanto, la energía que debe quedar almacenada en la instalación es de:

$$(15,9/60) \cdot 10 = 2,65 \text{ kWh} = 2279 \text{ kcal} \quad (29)$$

El *incremento máximo de temperatura* durante la parada de los compresores es de 7°C, por lo que el volumen de agua necesario para almacenar la energía con ese diferencial es de:

$$2279/7 = 325,57 \text{ litros} \quad (30)$$

Como tenemos un volumen en la instalación de **453 litros**, hace falta un depósito con un volumen superior a: **325,57 – 66 = 259,57 litros**.

Por lo tanto, tomando el **volumen comercial** se instalará un depósito de inercia de **300 litros** para estar del lado de la seguridad.

❖ Cálculo vaso de expansión.

Para el cálculo de los vasos de expansión cerrados de esta instalación utilizaremos la Instrucción UNE 100-155-88, la cual define el volumen del vaso de expansión a partir de la ecuación 21 definida en el apartado 5.4.1 de esta memoria.

Siguiendo el método de cálculo los resultados obtenidos son:

- Vaso de expansión del primario (Pozos) de la bomba de calor geotérmica:

Datos iniciales	
% Glicol	20 %
V_{circuito}	500 litros
T^a_{max}	45 °C
P_{vs}	3 bar
P_{min}	1,5 bar
Margen de seguridad	10,0 %

Tabla 38. *Datos iniciales para el cálculo de vaso de expansión primario.*

Resultados	
f_c	1,4493912
a	7,47
b	-0,35
C_e	0,00844855
P_{max}	3 bar
C_p	1,2
V_u	6,7 litros
V_t	8,1 litros

Tabla 39. *Dimensiones del vaso de expansión primario.*

Tomando los volúmenes comerciales se instalara **un vaso de expansión de 12 litros**, ya que el de 5 litros es muy pequeño para esta instalación.

- Vaso de expansión del secundario de la bomba de calor aire-agua y de la bomba de calor geotérmica:

Datos iniciales	
% Glicol	0 %
V_{circuito}	366 litros
T^a_{max}	55 °C
P_{vs}	3 bar
P_{min}	1,5 bar
Margen de seguridad	10,0 %

Tabla 40. *Datos iniciales para el cálculo de vaso de expansión secundario.*



Resultados	
C_e	0,0127
P_{max}	3 bar
C_p	1,698
V_u	5,1 litros
V_t	6,1 litros

Tabla 41. *Dimensiones del vaso de expansión secundario.*

Tomando los volúmenes comerciales se instalara ***un vaso de expansión de 12 litros***

5.5.4. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE PERFORACIÓN DEL SISTEMA GEOTÉRMICO.

❖ Hipótesis de partida

▪ *Propiedades del suelo.*

De acuerdo con los mapas geológicos consultados (Atlas digital de comarcas de suelos de España Ministerio de Medioambiente, figura 72) y estudios geológicos de la zona, el perfil geológico de la comarca del Alto Guadalentín, donde se ubica la vivienda unifamiliar es:

El perfil geológico corresponde a un tipo de suelo formado por: gravas, arenas y limos. Para el cálculo de la temperatura del terreno se estima como la temperatura media anual de la zona, siendo por tanto:

Temperatura estable del terreno: 15°C

Por lo tanto siguiendo la normativa alemana VDI 4640, capítulo 1:

Conductividad térmica efectiva: $1 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$
 Capacidad calorífica volumétrica: $1,5 \text{ MJ}/(\text{m}^3\text{K})$

▪ *Propiedades de las perforaciones.*

Para la definición de las propiedades de la perforación se ha tenido en cuenta las recomendaciones de la normativa VDI 4640, con lo que las perforaciones tienen las siguientes propiedades:

- Separación entre las perforaciones: 7 m .
- Diámetro pozo: 152mm



- Sondas por pozo: 2
- Diámetro de la sonda: 32 mm
- Espesor de la sonda: 3,7 mm

La ubicación de las perforaciones y los pozos se pueden ver en el plano 19 del anexo 3

▪ *Propiedades del relleno de las perforaciones.*

El espacio libre de las perforaciones se rellenará con una lechada de cemento, bentonita y arena silíceas u otros aditivos inertes que mejoren la conductividad térmica de la mezcla.

Conductividad térmica del relleno. $1 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$

▪ *Propiedades del fluido caloportador.*

En este caso el fluido portador de energía térmica es agua con un 20% de monoetilenglicol, hay que tener en cuenta en el diseño que dicho fluido trabaje durante todo su recorrido en la sonda geotérmica en régimen turbulento, por lo tanto las características de dicho fluido son:

- Conductividad térmica. $0,4960 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$
- Capacidad calorífica específica: $3825,00 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{K)}$
- Densidad: $1033,67 \text{ Kg/m}^3$
- Viscosidad: $0,004070 \text{ Kg/(m s)}$
- Punto de congelación. -9°C

▪ *Cargas*

A partir de la tabla 22, en la que vienen reflejado el valor de las cargas térmicas para calefacción y refrigeración, se obtienen los siguientes parámetros:

Carga punta de calefacción: 13,98 Kw.
Carga punta de refrigeración: 8,5 Kw.
Duración máxima de la carga punta: 8 horas

▪ *Demanda Energética*

Según los resultados de la calificación energética, la demanda energética es:
Demanda energética en calefacción: 18643,69 Kwh
Demanda energética en refrigeración: 4260,63 Kwh
Demanda de ACS: 3637,92 Kwh

▪ *Bomba de calor geotérmica*



La bomba de calor agua –agua elegida está fabricada por la empresa CIAT S.L.:

Uds	DESCRIPCIÓN	POT CALEF. (kW)	POT REFR. (kW)
1	BCG Ciat Ageo 50H	15,9	13,1

Tabla 42. *Descripción de la bomba de calor geotérmica.*

Características:

EQUIPO (O EQUIVALENTE)	EN FRÍO	EN CALOR
Marca:	CIAT	
Modelo:	Ageo 50H	
Potencia útil (KW)	13,1	15,9
Pabs compresor (KW)	2,8	2,8
Caudal (m ³ /h)	2,86	3,01
Compresores Tipo	Scroll	
Refrigerante	R410A	

Tabla 43. *Características de la bomba de calor geotérmica.*

El sistema de distribución está formado por radiadores de agua para calefacción y ningún sistema para refrigeración aunque Calener VyP insertará un sistema básico para el cálculo de la certificación energética del edificio, con lo que las temperaturas de producción serán:

- Refrigeración: 7°C
- Calefacción: 35°C
- Agua caliente sanitaria: 45 °C
- Salto térmico: 5°C

▪ *Periodo de simulación*

El periodo de simulación de la instalación geotérmica es de 10 años

❖ Resultados obtenidos de la longitud de perforación mediante EED.

Para el cálculo de la profundidad y respuesta del sistema geotérmico se ha tenido en cuenta las directrices aportadas por la normativa VDI 4640 parte 2 y se ha utilizado el software de cálculo EED (Earth Energy Designer), obteniendo los siguientes resultados:

- Número de pozos: 2



- Profundidad del pozo: 115 m
- Longitud total de perforación: 230 m

RESISTENCIAS TÉRMICAS

- Resistencia térmica interior del pozo 0.3822 (m·K)/W
- Número de Reynolds 2438
- Resistencia térmica fluido/tubería 0.0173 (m·K)/W
- Resistencia Térmica tubería/llenado 0.0758 (m·K)/W
- Resistencia de contacto tubería/llenado 0.0000 (m·K)/W
- Resistencia térmica fluido/suelo del pozo 0.0759 (m·K)/W
- Resistencia térmica efectiva del pozo 0.0806 (m·K)/W

El software de cálculo, realiza una simulación en función del número de años de funcionamiento siendo estas de 1, 2, 5 y 10 años, y a partir de ellas se obtienen las temperaturas medias que alcanzará el fluido a final de cada mes para la carga base y obtener los picos medios de carga de calor y de frío de dicho sistema.

CARGA BASE: TEMPERATURAS MEDIAS DEL FLUIDO (a final de mes) [°C]

ENE	19.02	6.96	5.47	4.71
FEB	19.02	8.04	6.63	5.89
MAR	19.02	7.99	6.65	5.92
ABR	19.02	9.73	8.44	7.72
MAY	19.02	12.28	11.02	10.31
JUN	19.02	17.19	15.97	15.27
JUL	23.24	21.55	20.37	19.68
AGO	27.61	26.19	25.04	24.36
SEP	22.11	20.88	19.76	19.09
OCT	16.80	15.72	14.65	13.99
NOV	12.20	11.25	10.22	9.57
DIC	8.36	7.53	6.54	5.90

Tabla 44.

CARGA BASE: AÑO 2010

Los resultados obtenidos de valores máximos y mínimos son:

- Temperatura de fluido mínima media -2.77 °C al final de ENE
- Temperatura de fluido máxima media 24.36 °C al final de AGO

CARGA PICO DE CALOR: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes)
[°C]

ENE	19.02	0.53	2.02	2.77
FEB	19.02	0.23	1.17	1.91
MAR	19.02	0.51	0.83	1.56
ABR	19.02	2.07	0.78	0.06
MAY	19.02	6.81	5.55	4.85
JUN	19.02	17.19	15.97	15.27
JUL	23.24	21.55	20.37	19.68
AGO	27.61	26.19	25.04	24.36
SEP	22.11	20.88	19.76	19.09
OCT	16.80	9.97	8.89	8.24
NOV	12.20	3.65	2.62	1.97
DIC	8.36	0.13	0.87	1.51

Tabla 45.

CARGA PICO DE CALOR: AÑO 10

Los resultados obtenidos de valores máximos y mínimos son:

- Temperatura de fluido mínima media -2.77 °C al final de ENE
- Temperatura de fluido máxima media 24.36 °C al final de AGO

CARGA PICO DE FRIO: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes)
[°C]

ENE	19.02	6.96	5.47	4.71
FEB	19.02	8.04	6.63	5.89
MAR	19.02	7.99	6.65	5.92
ABR	19.02	9.73	8.44	7.72
MAY	19.02	12.28	11.02	10.31
JUN	19.02	17.19	15.97	15.27
JUL	23.24	21.55	20.37	19.68
AGO	27.61	26.19	25.04	24.36
SEP	22.11	20.88	19.76	19.09
OCT	16.80	15.72	14.65	13.99
NOV	12.20	11.25	10.22	9.57
DIC	8.36	7.53	6.54	5.90

Tabla 46.

CARGA PICO DE FRIO: AÑO 10

Los resultados obtenidos de valores máximos y mínimos son:

- Temperatura de fluido mínima media 4.71 °C al final de ENE
- Temperatura de fluido máxima media 31.75 °C al final de AGO

Las figuras 73 y 74 muestran los datos anteriores en un gráfico obtenido por el software EED, en el que representa las temperaturas máximas y mínimas puntas durante 10 años y la temperatura medias de la sonda en el décimo año de funcionamiento.

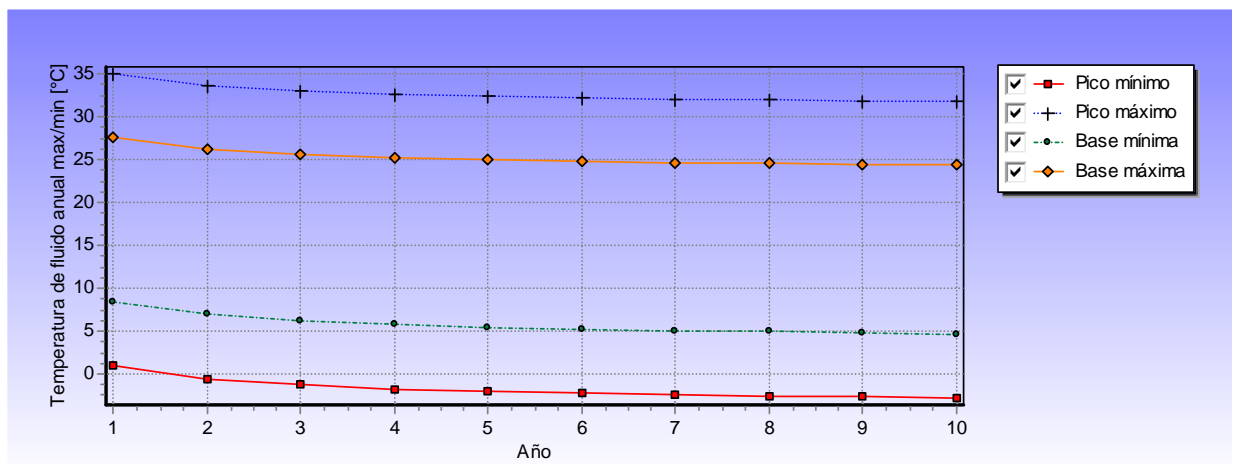


Figura 73. *Temperaturas medias mínimas y máximas durante 10 años*

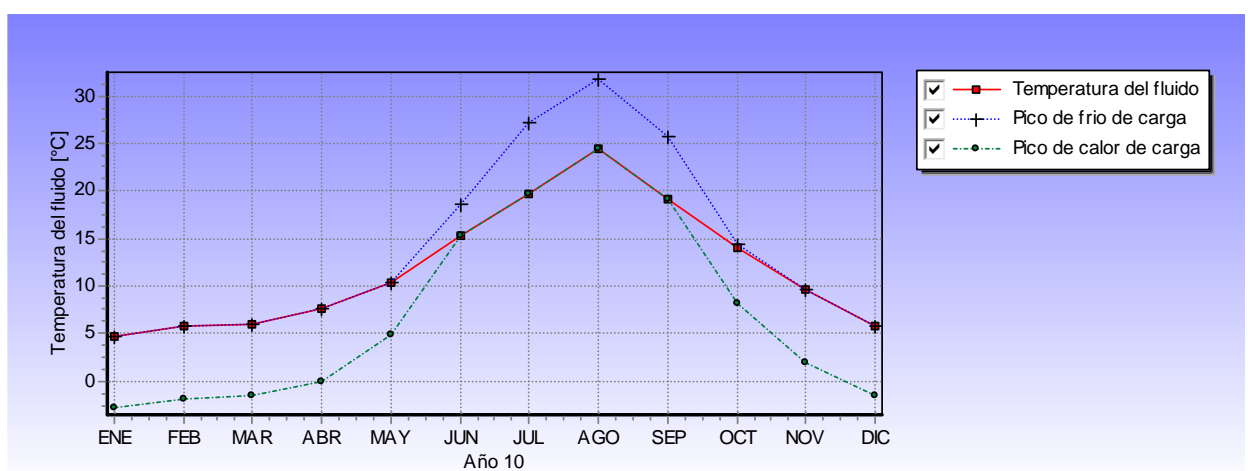


Figura 74. *Temperaturas medias del fluido de la sonda en el año 10 de funcionamiento.*



5.6. JUSTIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE AHORRO ENERGETICO (HE-1)

El Documento Básico HE trata de conseguir un uso racional de la energía, intentando reducir el consumo de edificios y conseguir además que parte de la energía que consumen los edificios procedan de fuentes de energía renovable.

El CTE HE-1 pretende verificar el cumplimiento de ahorro energético mediante dos procedimientos.

- *El primer procedimiento es la Opción Simplificada.* Esta primera opción trata de limitar la demanda energética de los edificios de una manera indirecta estableciendo valores límite de los parámetros, esta opción se realiza manualmente.
- *El segundo procedimiento es la Opción General:* Esta opción utiliza el programa Líder, que sirve de base para la forma general de la verificación de la limitación de la demanda energética del código técnico de la edificación. En este proyecto optamos por la opción general.

En este proyecto utilizaremos el programa Líder para verificar que nuestra vivienda cumple con el HE-1. En el anexo 4 de este proyecto aparece la guía para la introducción de los datos de un proyecto en el software oficial LIDER, comenzando con la familiarización del software y la descripción de dicho proyecto. Se indicarán solo en este apartado algunas de las características que son necesarias para entender la obtención de los resultados finales.

La vivienda unifamiliar está situada en Lorca dentro de la zona B3 la cual corresponde a la localidad de Murcia, otra opción cuando la localidad no es capital de provincia, es elegir la zona de acuerdo a la corrección por altura que se indica en el documento CTE-HE1 (tabla D1, apéndice D); en este caso se elige la opción genérica de la Región de Murcia.

▪ **Orientación y tipo de edificio:**

La orientación de nuestra vivienda se obtiene midiendo el ángulo que existe entre el norte y la línea que marca la perpendicular a la fachada de nuestro edificio medida de izquierda a derecha, la cual son 346º, lo que indica una orientación Noroeste de la vivienda.

Y el tipo de edificio a elegir entre tres posibilidades será el de vivienda unifamiliar, tal y como se ve en la figura 75. Esta opción es importante para exportar adecuadamente la información al programa Calener.

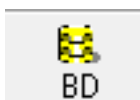
Figura 75. *Ventana para introducir la orientación y tipo de edificación en LIDER*

▪ **Datos del proyecto y datos del autor**

Se puede ver el aspecto de la ventana y como se introducen los datos en la figura 76 abajo indicada.

Figura 76. *Ventana para introducir los datos del proyecto y del autor en LIDER*

5.6.1. BASE DE DATOS



En la base de datos almacenaremos toda la información relativa a los materiales que vamos a utilizar en el proyecto.

La base de datos de la vivienda unifamiliar inicialmente está vacía. Se importó la información contenida en la base de datos de materiales programa, tal y como se puede ver en el anexo 4 y se creó la base de datos del edificio, en la que se debe definió la composición de los cerramientos y huecos empleados en el proyecto.

Para lo cual el primer lugar se decide los tipos de cerramientos a utilizar (tabla 47) y posteriormente se introducen los datos que tenemos en dicha tabla como cerramientos de la base de datos del proyecto en LIDER.



❖ Composición de cerramientos de vivienda

NOMBRE	MATERIAL	ESPESOR (m)
Cubierta	Teja cerámica-porcelana	0,020
	Betún fieltro o lámina	0,020
	FU entrevigado de hormigón - canto 250 mm	0,250
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado de cubierta	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	MW lana mineral [0,04 W/(mK)]	0,040
	FR entrevigado cerámico – Canto 250 mm	0,250
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado entre plantas	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	FR entrevigado cerámico – Canto 250 mm	0,250
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado de sótano	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	EPS poliestireno expandido [0,037 W/(mK)]	0,040
	FR entrevigado cerámico – Canto 250 mm	0,250
Solera	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	Hormigón armado d > 2500	0,200
Muro exterior	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,110
	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	EPS poliestireno expandido [0,037 W/(mK)]	0,040
	Tabique de LH sencillo [40 mm < E < 60 mm]	0,040
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Muro terreno	Betún fieltro o lámina	0,020
	Hormigón armado d > 2500	0,200
	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
Tabique	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
	Tabique de LH sencillo [40 mm < E < 60 mm]	0,040
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015

Tabla 47. Descripción de los cerramientos utilizados en la vivienda unifamiliar, materiales y espesores.

A continuación se van a presentar las ventanas que muestra el programa, en las que se observa cómo se han introducido los datos de cada uno de los cerramientos para crearlos, así como el valor de transmitancia térmica (U) obtenida para dicho cerramiento.

– *Forjado cubierta:*

Nombre

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja cerámica-porcelana	0,020	1,300	2300	840	
2	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
3	FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	0,250	1,323	1330	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

Figura 77. Descripción del forjado para cubierta inclinada

– *Cubierta_transitable:*

Nombre

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,010	0,230	1100	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]	0,050	0,038	30	1000	
5	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
7						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

Figura 78. Descripción del forjado para cubierta transitable

- **Forjado_cubierta** : Se refiere al forjado bajo la cubierta inclinada.

Nombre

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040	0,038	30	1000	
3	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Material

Material Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U W/(m²K)

Aceptar

Figura 79. Descripción del forjado para cubierta

- **Forjado_interior**:

Nombre

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Material

Material Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U W/(m²K)

Aceptar

Figura 80. Descripción del forjado interior de la vivienda

– *Forjado_sótano:*

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa de gres	0,015	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040	0,038	30	1000	
4	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
5						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

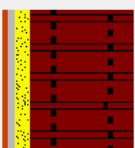


Figura 81. Descripción del forjado del sótano de la vivienda

– *Solera:*

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa de gres	0,015	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	Hormigón armado d > 2500	0,200	2,500	2600	1000	
4						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

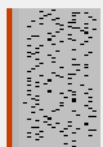


Figura 82. Descripción de la solera

– Muro exterior:

Nombre:

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).

Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115	0,991	2170	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	1,300	1900	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,070	0,038	30	1000	
4	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	0,040	0,445	1000	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
6						

Grupo Material:

Material:

0,020 Espesor (m)

U W/(m²K)

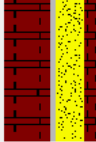


Figura 83. Descripción del muro exterior de la vivienda.

– Muro_terreno:

Nombre:

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).

Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
2	Hormigón armado d > 2500	0,260	2,500	2600	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
4						

Grupo Material:

Material:

0,020 Espesor (m)

U W/(m²K)

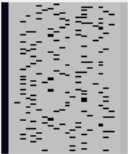


Figura 84. Descripción del muro en contacto con el terreno de la vivienda.

– *Tabique:*

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
2	Tabique de LH sencillo Gran Formato [40 mm < E <	0,060	0,228	670	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)




Figura 85. Descripción de la tabiquería interior de la vivienda.

Ahora una vez introducidos los cerramientos de la vivienda introducimos las dimensiones de las ventanas y las puertas, para terminar de definir la base de datos necesaria para el proyecto en estudio.

– *Ventanas*

Las dimensiones y retranqueos de las ventanas se obtendrán de los planos, y se deben calcular los porcentajes del marco para poder introducir los datos al software de cálculo LIDER. La permeabilidad de las ventanas es de $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

cumpliendo el mínimo de $27 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

Los materiales empleados son:

- Vidrio: doble bajo emisivo 4-6-4; Emisividad 0,05; factor solar 0,76.
- Marco: de aluminio con rotura de puente térmico de 8 mm.

Las dimensiones de los tipos de ventanas que dispondrá la vivienda unifamiliar se obtienen de los planos 6, 7 y 8, se pueden ver en la tabla siguiente.



NOMBRE	DIMENSIONES
VENTANA 1	1,50 x 1,50
VENTANA 2	1,00 x 1,00
VENTANA 3	3,00 x 2,20

Tabla 48. *Dimensiones de los tipos de ventanas que dispone la vivienda unifamiliar.*

En la tabla 49 se muestran los cálculos del porcentaje de marco que tiene cada una de los tipos de ventanas.

NOMBRE	DIMENSIONES		PORCENTAJES	
	AREA TOTAL	AREA CRISTAL	% CRISTAL	% MARCO
VENTANA 1	2,25	1,82	80,89	19,11
VENTANA 2	1,00	0,72	72	28
VENTANA 3	6,60	5,88	89,09	10,91

Tabla 49. *Porcentajes de los marcos de los tipos de ventanas que dispone la vivienda unifamiliar.*

– Puertas

- La puerta de acceso a la vivienda es de madera de densidad media alta.
- Las puertas de garaje son metálicas (sin rotura de puente térmico)

NOMBRE	DIMENSIONES
Puerta de vivienda	1,20x 2,20
Puerta cocina y planta superior	1,00 x 2,20
Puerta garaje	3,00 x 2,20

Tabla 50. *Dimensiones de los tipos de puertas que dispone la vivienda unifamiliar.*

Cálculo del porcentaje de marco que tiene cada tipo de puertas de las que dispone la vivienda unifamiliar (tabla 51).

NOMBRE	DIMENSIONES		PORCENTAJES	
	AREA TOTAL	AREA CRISTAL	% CRISTAL	% MARCO
PUERTA VIVIENDA	2,64	0,03	1,00	99,00
PUERTA COCINA	2,2	0,88	40,00	60,00
PUERTAS GARAJE	5,67	0,06	1	99

Tabla 51. *Porcentajes de los marcos de los tipos de puertas que dispone la vivienda unifamiliar.*

En las figuras siguientes se presentan las ventanas obtenidas en LIDER, donde se introducen los valores de los tipos de ventanas y de puertas.

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% cubierto por el marco ☐ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Figura 86. *Introducción en LIDER de las ventanas tipo 1.*

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% cubierto por el marco ☐ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Figura 87. *Introducción en LIDER de las ventanas tipo 2.*

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% cubierto por el marco ☐ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Figura 88. *Introducción en LIDER de las ventanas tipo 3.*

Es importante recordar que en la casilla de nombre debemos poner un nombre continuo sin espacios ni acentos, si necesitamos poner dos palabras lo más fácil es unirlos con un guion bajo. Si no hacemos este pequeño truco el programa puede dar error.

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% cubierto por el marco ☒ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Figura 89. *Introducción en LIDER de la puerta del garaje.*

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% cubierto por el marco ☒ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Figura 90. *Introducción en LIDER de la puerta de entrada a la vivienda.*

Grupo Puertas

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% cubierto por el marco ☒ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Figura 91. *Introducción en LIDER de la puerta de entrada a la vivienda en la cocina.*

Una vez introducidas las puertas y ventanas ya tenemos la base de datos completa para el proyecto, quedando un árbol de base de datos como el que muestra la figura 92:

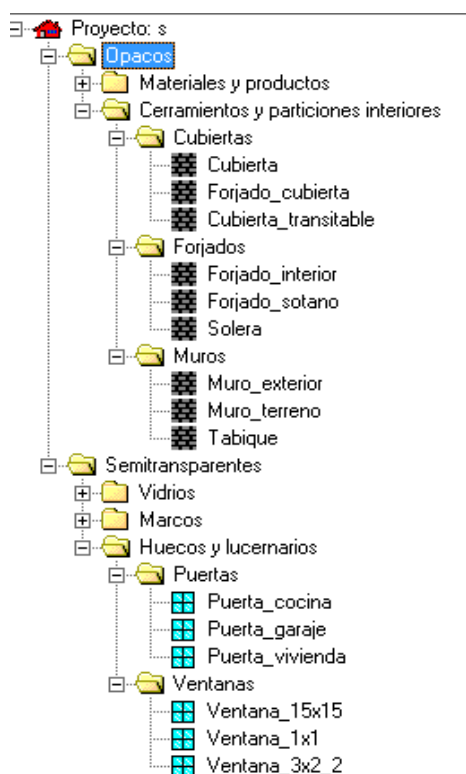


Figura 92. *Árbol de la base de datos generada en LIDER para el proyecto.*

❖ Opciones constructivas del proyecto en LIDER



En las pestaña opciones se encuentran diversos subapartados como son el espacio de trabajo, esferas de atracción, representación de cubiertas y construcción. Las tres primeras principalmente sirven para mejorar el trabajo con el software y se han desarrollado en la guía del anexo 4, por lo que en este apartado solo se desarrollará las opciones constructivas que nos proporciona el programa.

○ Construcción

- En “*Cerramientos y particiones interiores*” se da la información sobre la composición de cerramiento que se asignará por defecto en función de su uso (muro exterior, medianería, etc.). De nuevo es muy interesante que, en caso de que se empleen varias composiciones distintas para un mismo uso (por ejemplo, una de las fachadas exteriores del edificio usa un muro distinto al de las demás), aquí se definan los datos de la composición más frecuente. En la figura 93 se muestran cuales van a ser los cerramientos y particiones interiores definidas por defecto en el proyecto a partir de los generados en la base de datos.

Muro:
Muros de fachada. Verticales y rectangulares.

Composición tipo "muro"

Hueco

Composición del "hueco"

Altura del hueco m

Anchura del hueco m

Posición Y respecto al suelo m

Retranqueo m

Protección solar

Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior:
Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior.

Composición tipo "cerramiento horizontal"

Cerramiento o partición interior geoméricamente singular.
Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc.

Composición tipo "cerramiento singular"

Medianería

Composición tipo "medianería"

Suelo en contacto con el terreno

Composición tipo "suelo en contacto con el terreno"

☐ Aislamiento perimetral

D m

Ra m²K/W

Muro en contacto con el terreno

Composición tipo "muro en contacto con el terreno"

Partición interior horizontal

Composición tipo "partición interior horizontal"

Partición interior vertical

Composición tipo "partición interior vertical"

Figura 93. Cuadro de las particiones y cerramientos definidos en LIDER para el proyecto.

- En “puentes térmicos” se debe definir el tipo de puentes térmicos que aparecen en el proyecto. De todos los tipos de puentes térmicos que se definen por el programa y que aparecen en el Anexo 4 se eligen aquellos que más se ajustan al diseño constructivo de nuestro edificio tanto en forjados, cerramientos verticales y elementos en contacto con el terreno.

✓ FORJADOS

Forjados | Cerramiento vertical | Contacto terreno

Encuentro forjado-fachada

Nombre

ψ W/(mK)

f

Encuentro suelo exterior-fachada

Nombre

ψ W/(mK)

f

Encuentro cubierta-fachada

Nombre

ψ W/(mK)

f

Figura 94. Puentes térmicos de forjados elegidos en LIDER para la vivienda unifamiliar.

✓ CERRAMIENTO VERTICAL

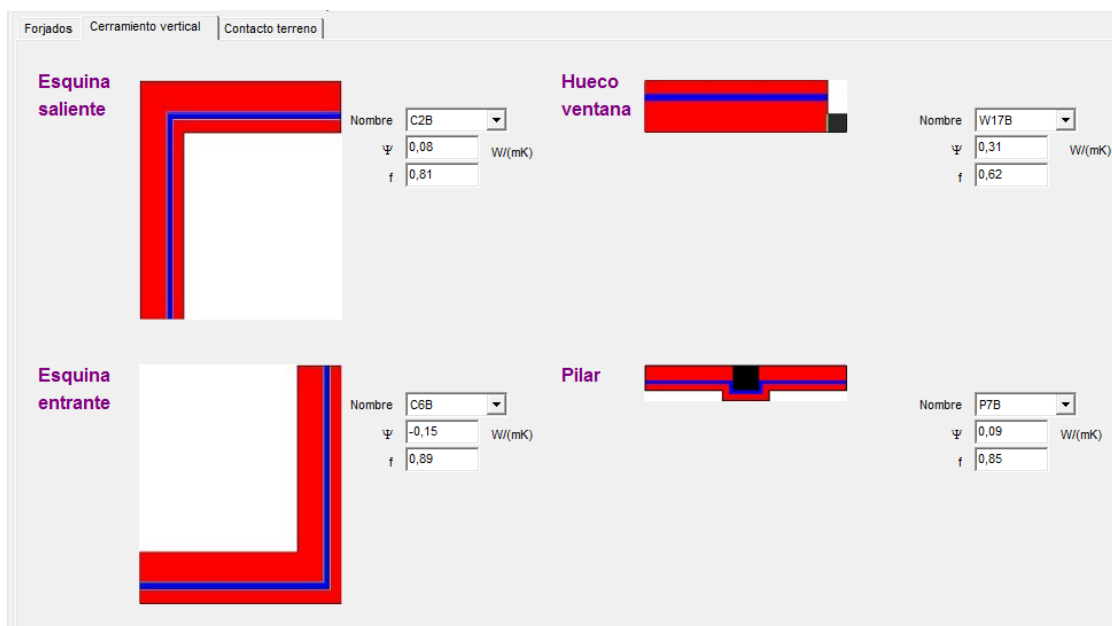


Figura 95. **Puentes térmicos de cerramientos verticales elegidos en LIDER para la vivienda unifamiliar.**

✓ CONTACTO CON EL TERRENO

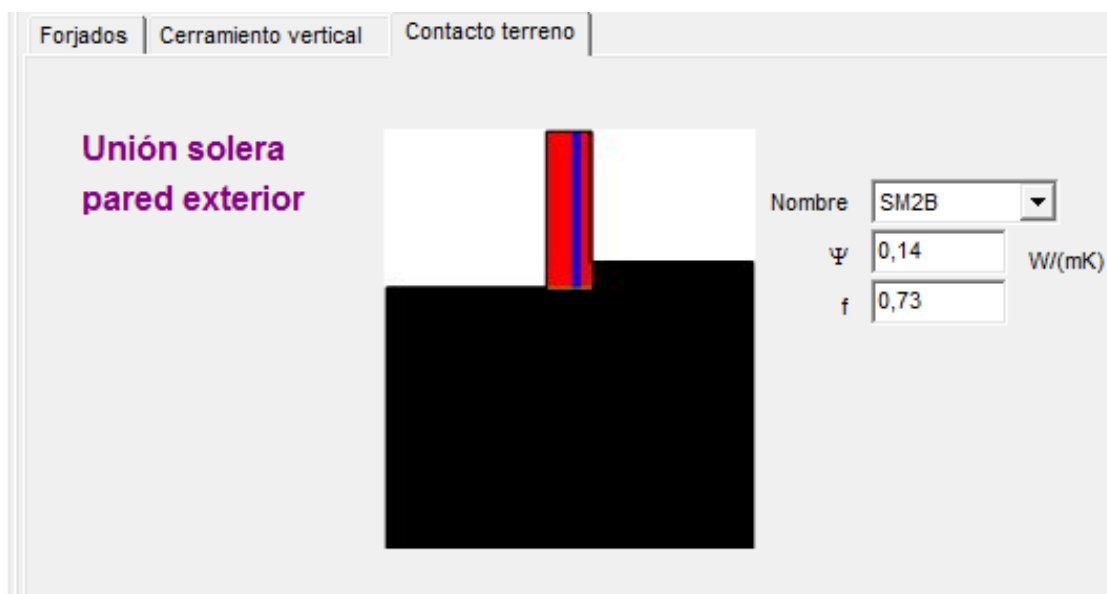


Figura 96. **Puentes térmicos de cerramientos en contacto con el terreno elegidos en LIDER para la vivienda unifamiliar.**

5.6.2. CALCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE DE LA VIVIENDA

Se van a calcular las renovaciones de aire de la vivienda considerando los caudales mínimos de ventilación exigidos por el CTE, en concreto, usando los valores establecidos en la tabla 2.1 de la exigencia básica HS3: calidad del aire interior (documento básico HS: salubridad), que se puede ver en la figura 97.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por local ⁽²⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

1) En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

2) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Figura 97. **Caudales de ventilación mínimos exigidos por el CTE DB-HS 3(Tabla 2.1).**

En la figura 98 se puede ver un croquis con las disposiciones de las aberturas de admisión y las de extracción planteadas en la planta baja de la vivienda unifamiliar.

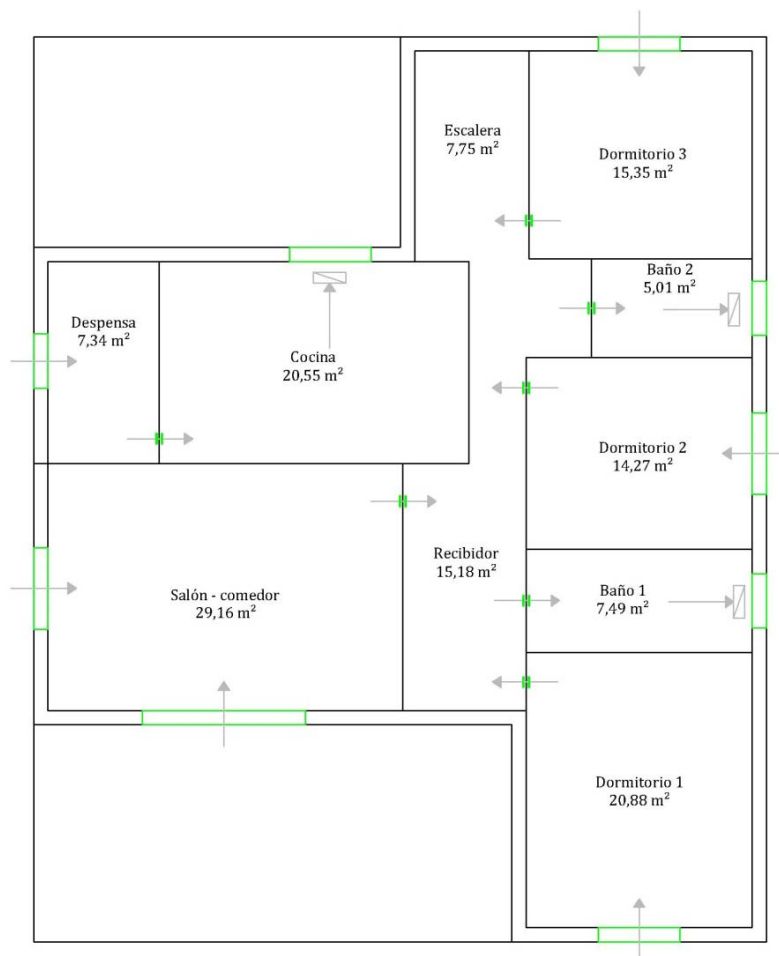


Figura 98. **Croquis de particiones para las renovaciones de aire en la planta baja**



En nuestro caso, las zonas afectadas de la entrada de aire serán el salón y los 4 dormitorios, mientras que como las zonas de salida de aire tenemos la cocina y 3 cuartos de baño. Todos los dormitorios tienen más de 13 m^2 , por lo que se consideraran todos dobles.

SUPERFICIE HABITABLE DE LA VIVIENDA	
RECIBIDOR	15,18 m^2
COMEDOR	29,16 m^2
DORMITORIO 1	20,88 m^2
COCINA	20,85 m^2
BAÑO 1	7,49 m^2
GALERIA	7,34 m^2
DORMITORIO 2	14,27 m^2
DORMITORIO 3	15,35 m^2
DORMITORIO 4	16,15 m^2
ESTUDIO	24,07 m^2
BAÑO 2	5,01 m^2
BAÑO 3	7,64 m^2
DISTRIBUIDOR	4,22 m^2
TOTAL	187,61 m^2

Tabla 52. *Tabla resumen de la superficie habitable de la vivienda*

A continuación se realiza el cálculo:

- Zonas de entrada de aire \rightarrow caudal total de ventilación de 74 l/s
 - Dormitorios: 5 dormitorios dobles $\rightarrow 5 \cdot 2 \cdot 5 = 50 \text{ l/s}$
 - Salón: el número de ocupantes se considerara igual al contabilizado para todos los dormitorios de la vivienda $\rightarrow 8 \cdot 3 = 24 \text{ l/s}$
- Zonas de salida de aire \rightarrow Caudal total de ventilación de 95 l/s
 - Baños: 3 baños $\rightarrow 3 \cdot 15 = 45 \text{ l/s}$
 - Cocina: $S = 20,85 \text{ m}^2 \rightarrow 20,85 \cdot 2 = 41,7 \text{ l/s} < 50 \text{ l/s} \rightarrow$ tomamos 50 l/s.

Por tanto el caudal total de ventilación es de $95 \text{ l/s} \cdot 3,6 = 342 \text{ m}^3/\text{h}$.

Como el volumen total de los espacios habitables de la vivienda es de 504 m^3 . El nº de **renovaciones por hora** será **1.47**.

5.6.3. GEOMETRIA DEL EDIFICIO

Como ya se ha indicado la vivienda unifamiliar a estudio está compuesta por una planta sótano, planta baja y primera planta con terraza transitable y cubierta inclinada a cuatro aguas.

Los planos que muestran la geometría del edificio se encuentran en el anexo 3 de este proyecto. Está definido el sótano en el plano de cotas nº 6 y de superficies nº 2, la planta baja en los planos nº 7 y nº 3, la primera planta se puede ver en los planos 8 y 4 y por último la cubierta se define en los planos nº 9 y nº 5.

5.6.4. INTRODUCCIÓN DE DATOS PARA MODELAR LA VIVIENDA EN TRES DIMENSIONES

Una vez conocida la geometría de la vivienda se pasa a la modelización en 3D. El proceso de introducción y uso del programa para ello se ha definido en el anexo 4, quedando en este apartado la modelización específica de las plantas de la vivienda unifamiliar a estudio.

Se comenzará con la *planta sótano*; creando planta, el nombre de la planta no se ha modificado dejando por defecto P01.

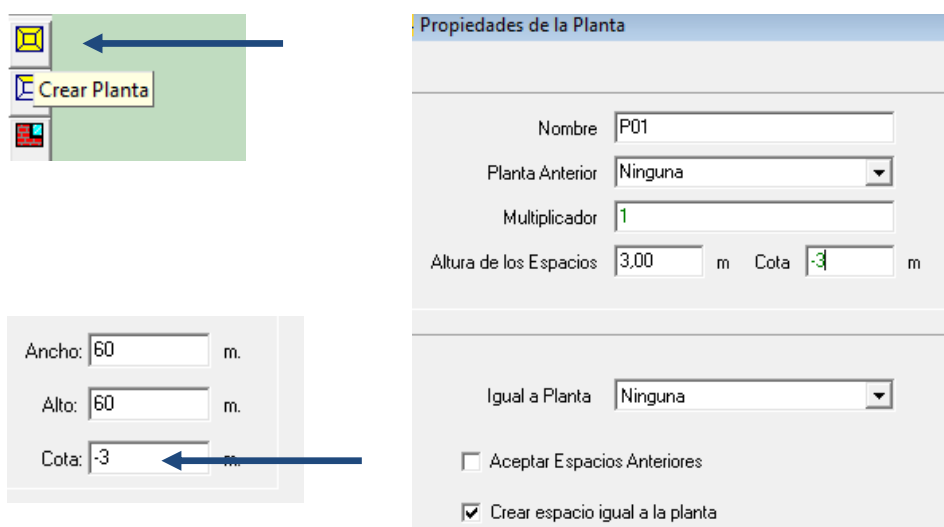


Figura 99. *Crear y propiedades de planta sótano.*

Ponemos la cota menos tres ya que vamos a situar la planta sótano como se ve en la figura 100. Hay que tener en cuenta que como hemos puesto la planta sótano a la cota menos tres, debemos de poner también la altura menos tres, si no lo hacemos no veremos la colocación de los puntos ya que el espacio de trabajo lo tendríamos por defecto a la cota 0 y no nos dejaría ver lo que hay en la parte posterior al plano de trabajo.

Una vez creada la planta ya podemos insertar los diferentes espacios (figura 100). Empezamos con el espacio garaje de la planta sótano. Para esto debemos de clicar en el icono de nuevo espacio.

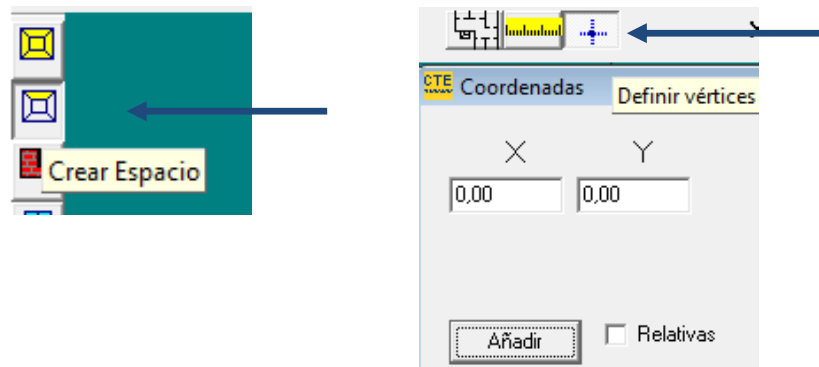
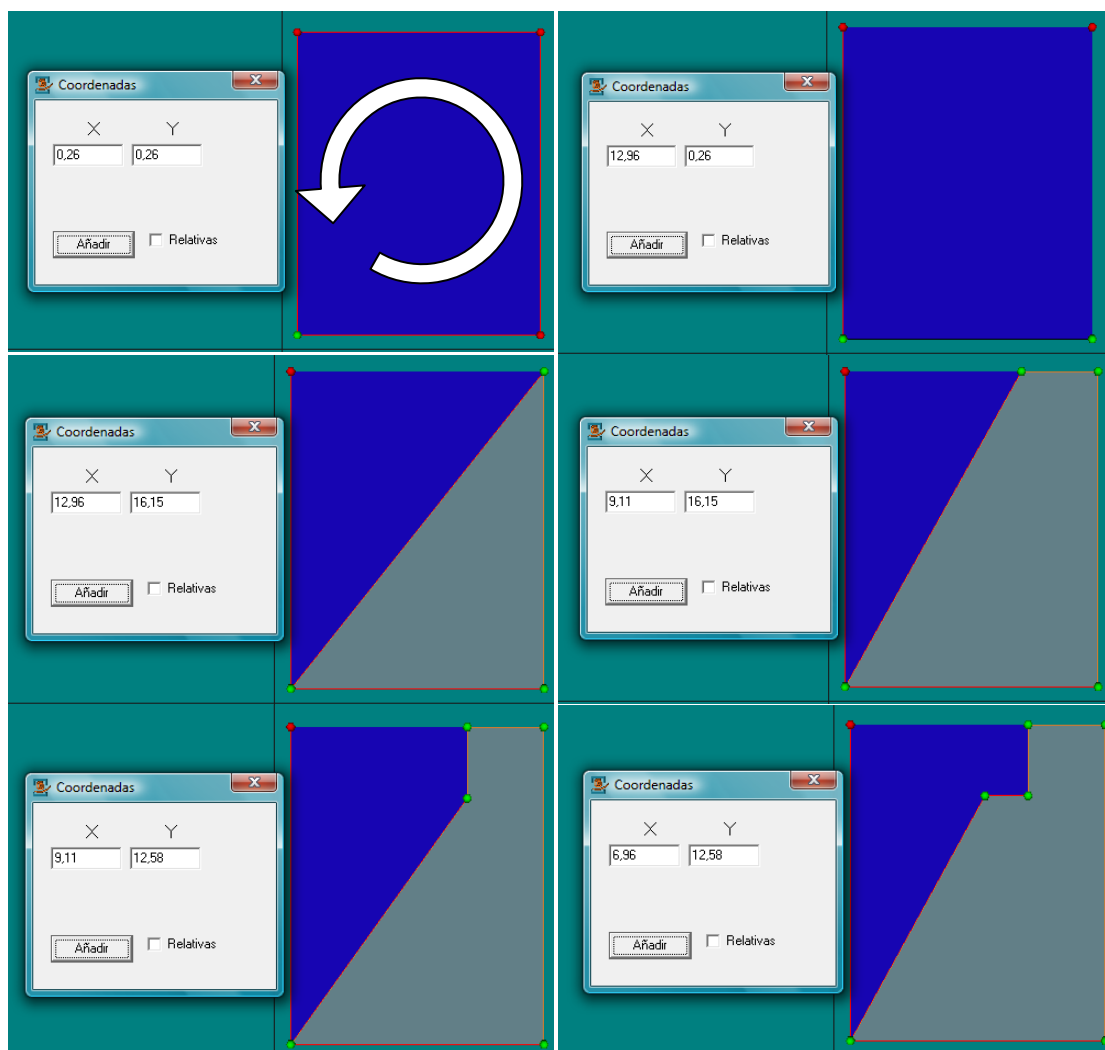


Figura 100. *Crear espacios y definición de coordenadas de los espacios en planta sótano.*

Después clicamos en el icono de coordenadas y vamos insertando los vértices del espacio garaje que queremos introducir en la planta sótano.



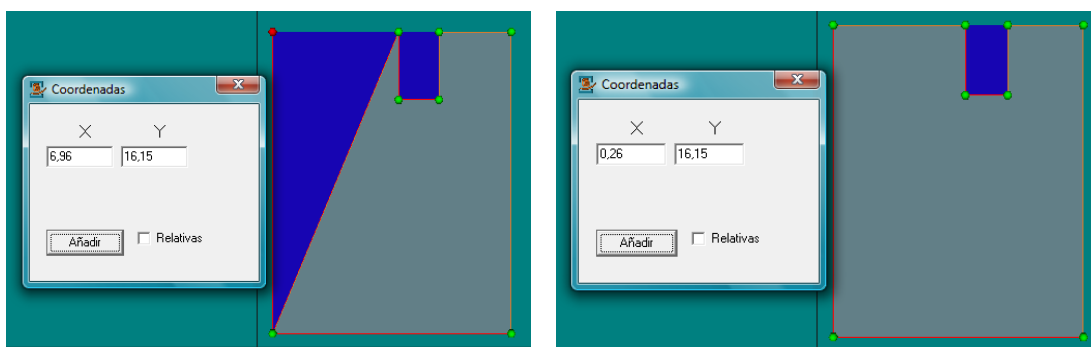


Figura 101. Creación del espacio del garaje en la planta sótano.

Las coordenadas se han introducido en coordenadas absolutas, en lugar de en relativas aunque se podría haber hecho de esta otra forma.

Se finaliza al terminar de generar el espacio. De igual forma se creará el espacio de escalera(figura 102) y el cuarto de máquinas en el sótano situados en la planta actual.

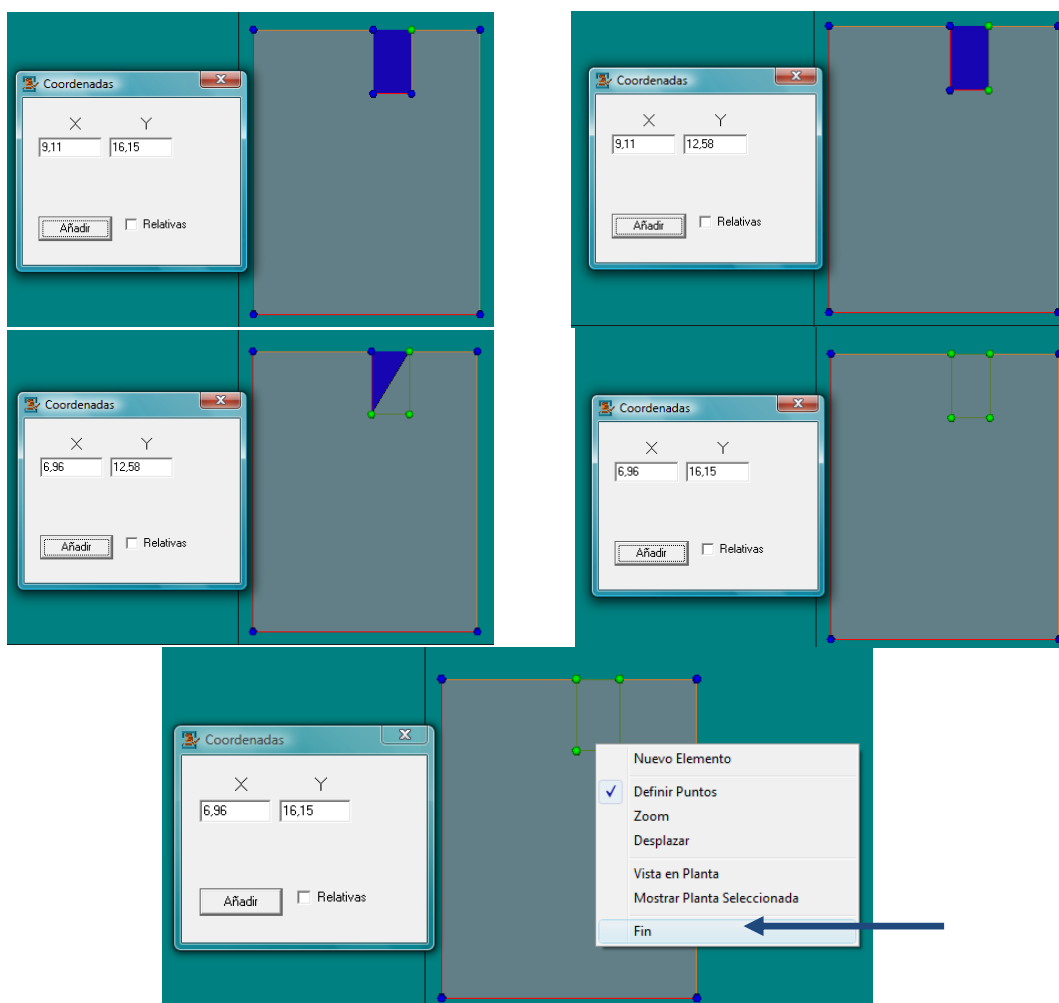


Figura 102. Creación del espacio del hueco de escalera en la planta sótano.

Una vez cerrado el polígono debemos de clicar con el botón derecho encima del espacio y clicarle en finalizar si no realizamos este proceso no se guardará dicho espacio.

Definidos los espacios se transforma en tres dimensiones automáticamente generando los muros (figura 103) y se aplican los cerramientos definidos de forma automática (figura 104)

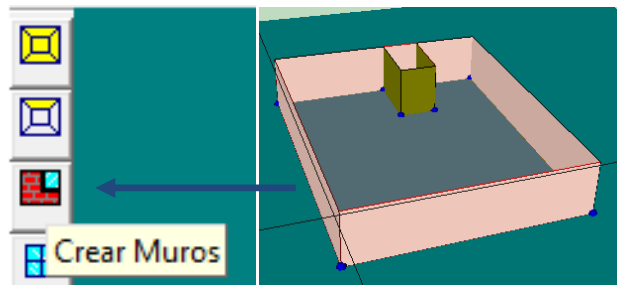


Figura 103. *Transformación de 2D a 3D en el sótano.*

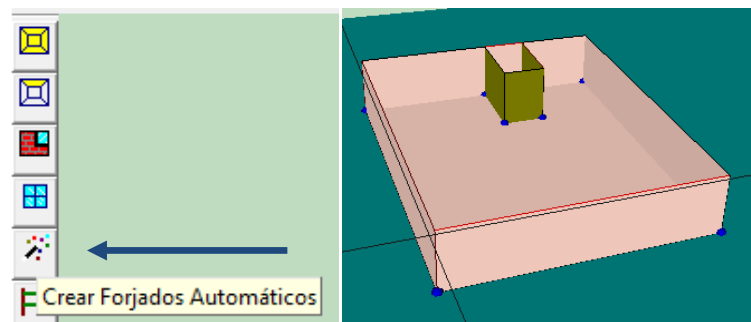


Figura 104. *Asignación de los cerramientos al sótano.*

Se pasa ahora a introducir la siguiente planta, *planta baja*. Se creará una planta sobre la planta sótano que estaría sobre la cota 0. La asignación de esta planta también se deja por defecto P02 y la planta se creará en coordenadas absolutas.

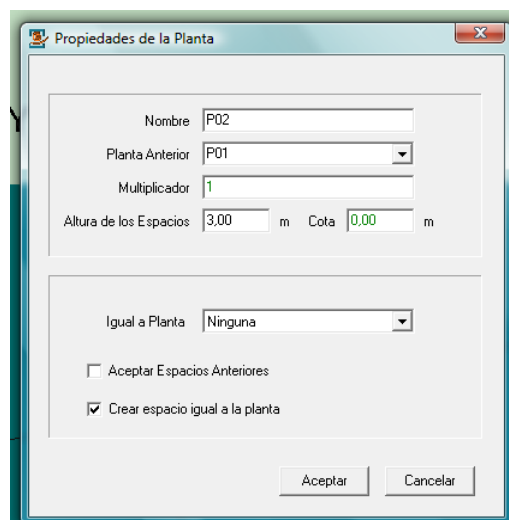


Figura 105. *Creación y propiedades de la primera planta sobre el sótano.*

Para introducir los vértices de la nueva planta se siguen los mismos criterios que para la anterior, en sentido antihorario y finalizando una vez se obtiene la forma definitiva.

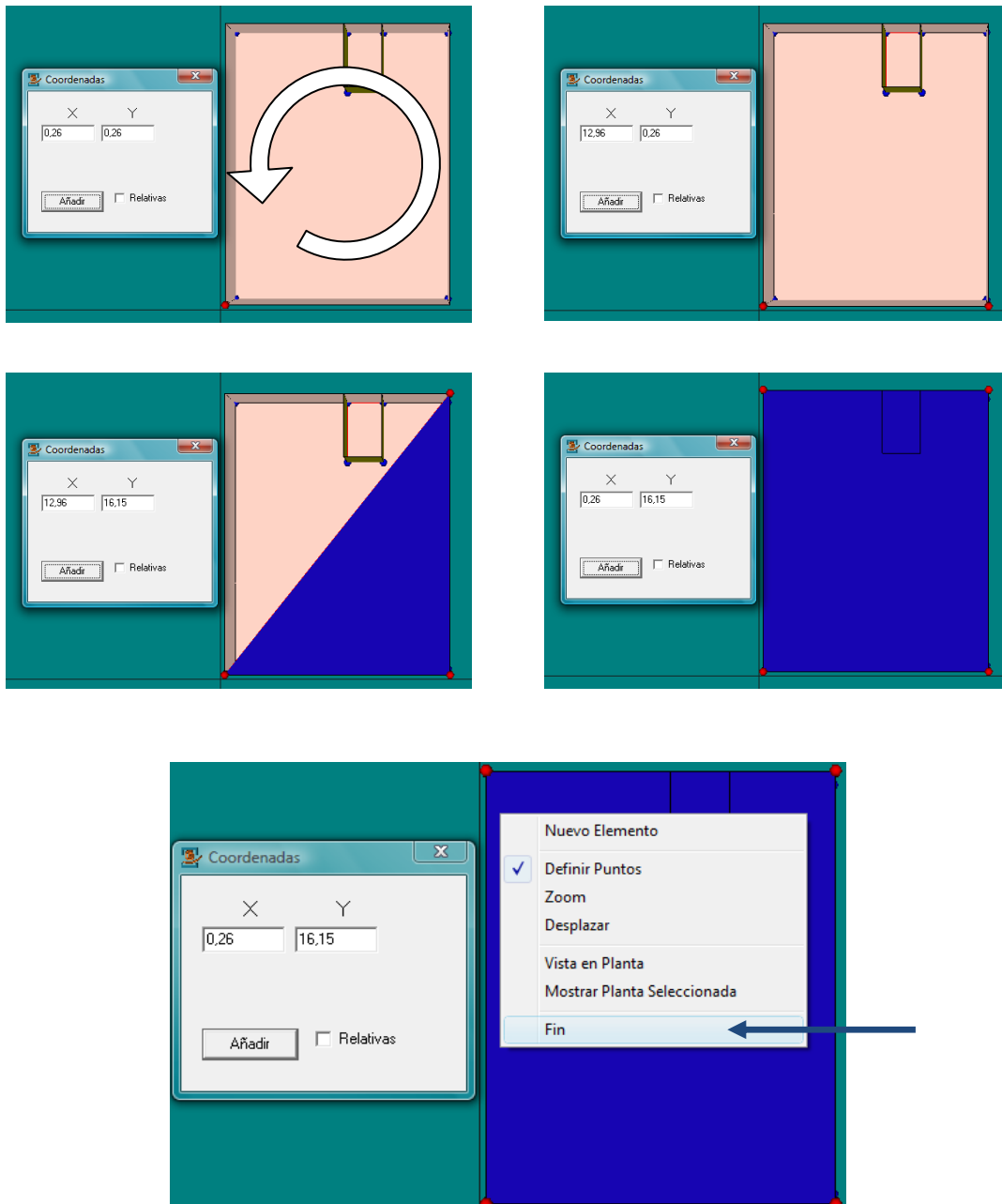


Figura 106. *Introducción de los vértices de la primera planta sobre el sótano.*

Desde las figuras 107 a la 116 se puede ver la creación de los espacios de la primera planta, dormitorios, baños, cocina y salón entre otros.

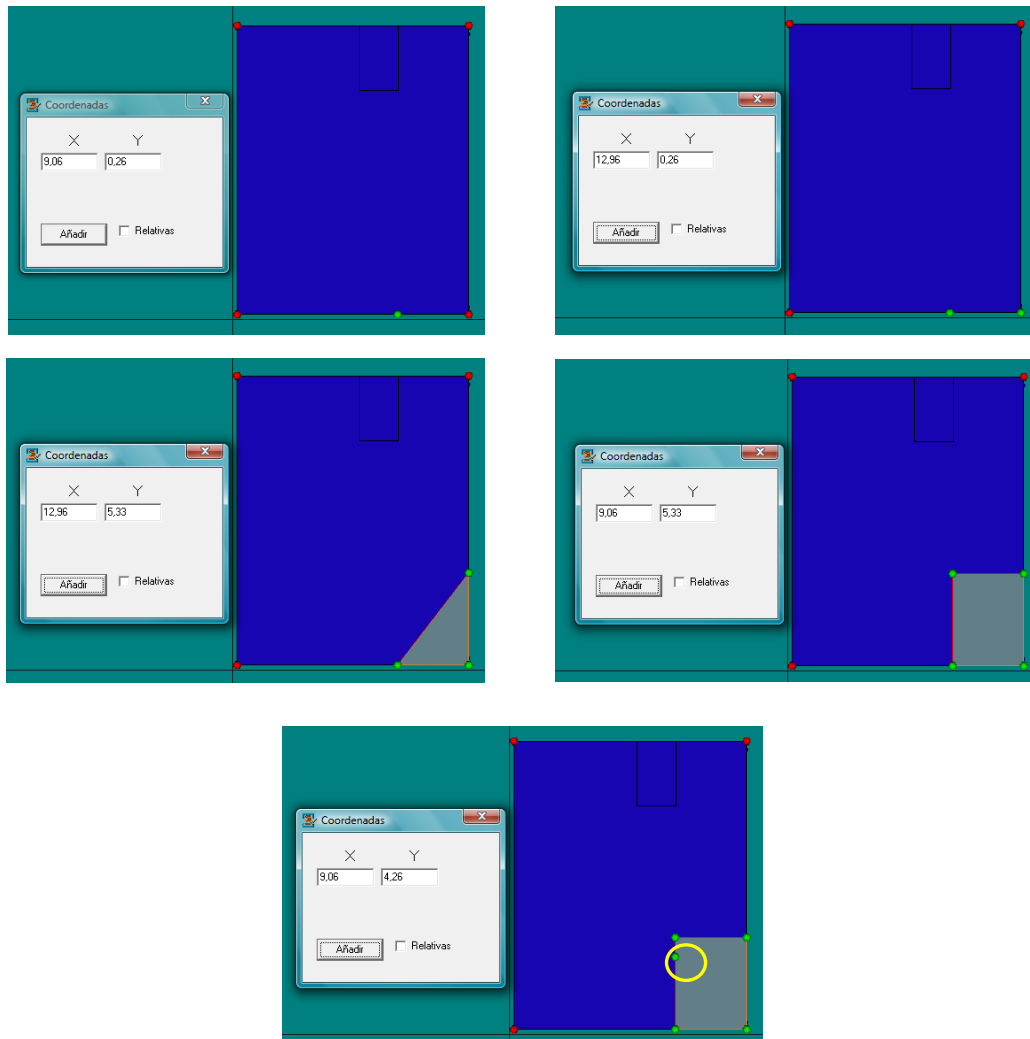
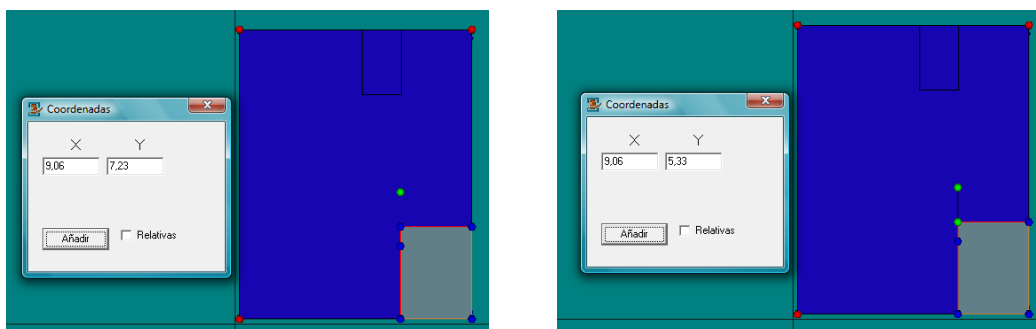


Figura 107. **Creación del dormitorio 1 en la planta baja.**

Debemos de introducir todos los puntos en los que haya cualquier conexión entre tabiquerías o cerramientos, ya que si no lo introducimos el programa dará error.



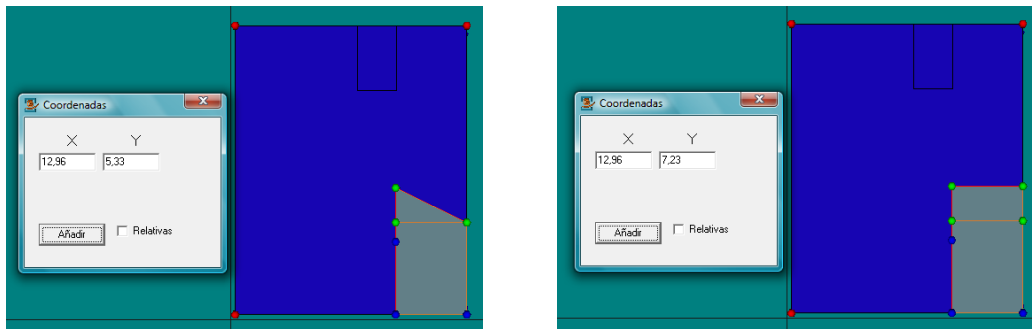


Figura 108. Creación del baño1 en la planta baja.

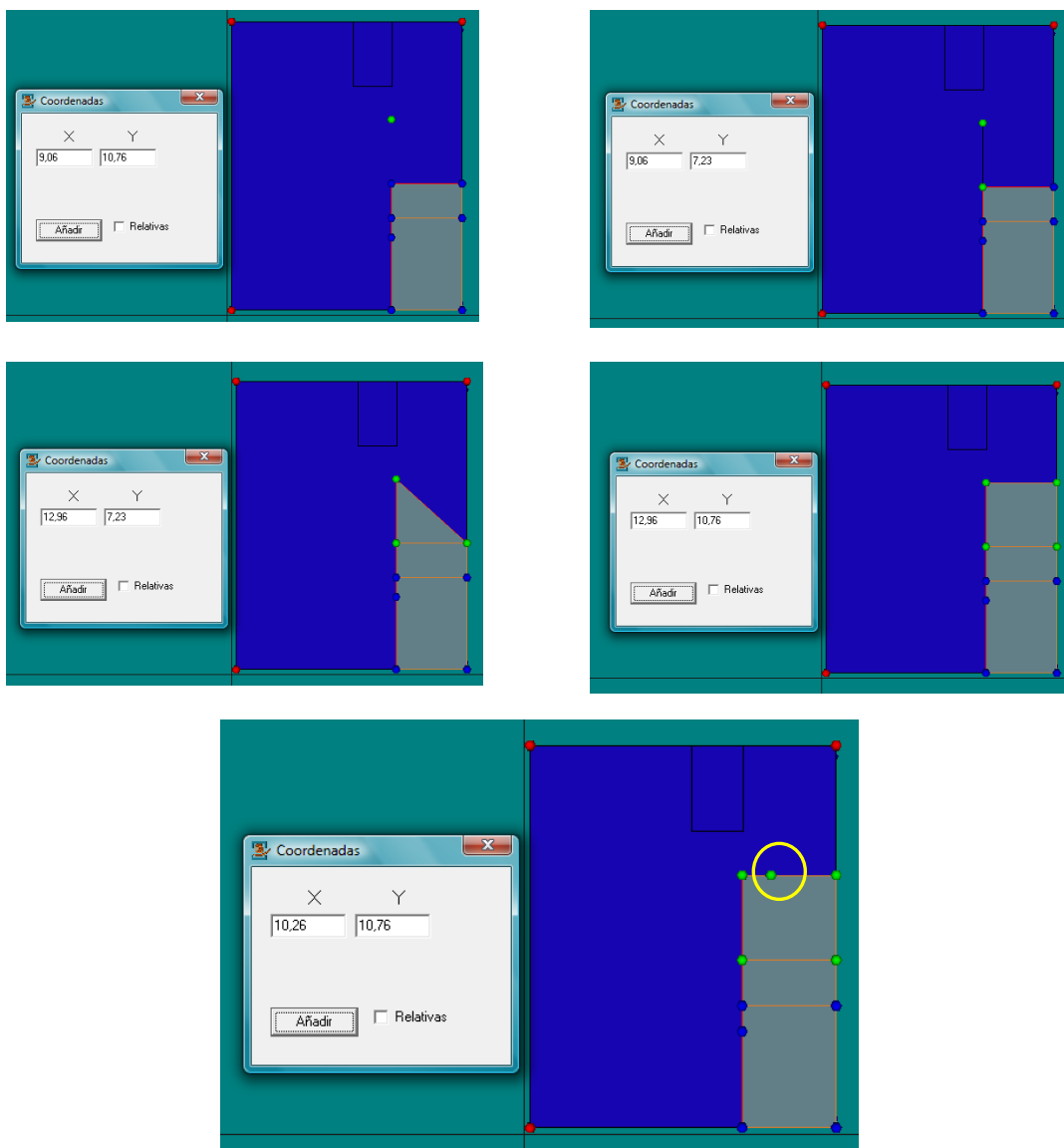


Figura 109. Creación del dormitorio 2 en la planta baja.

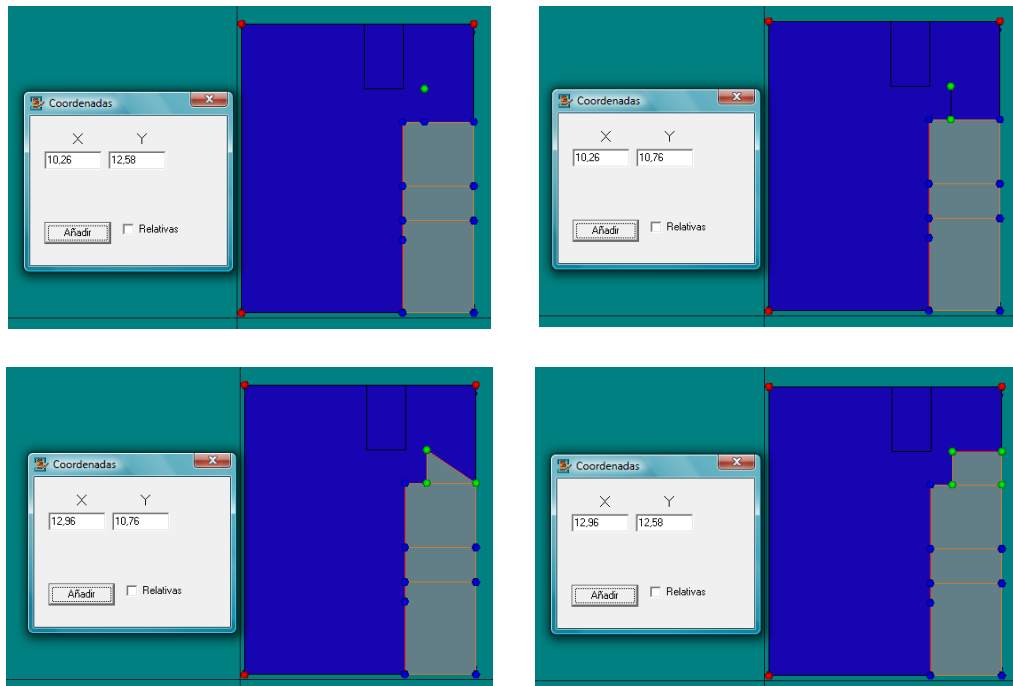


Figura 110. Creación del baño2 en la planta baja.

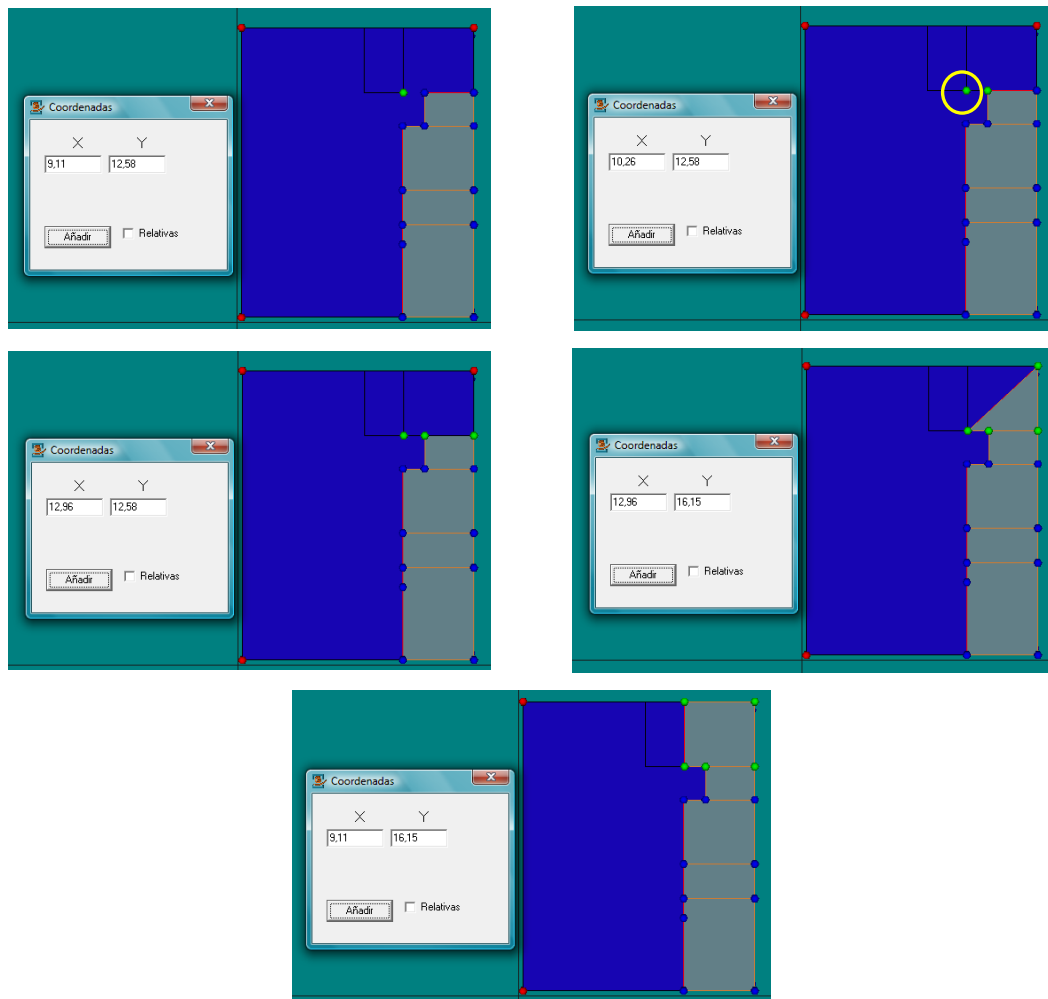
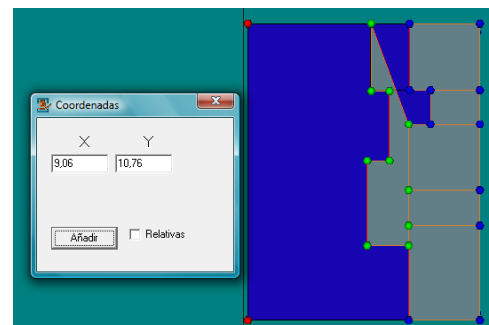
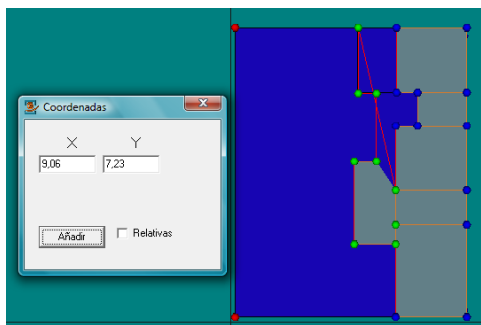
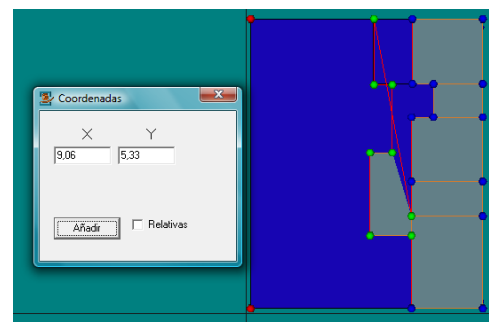
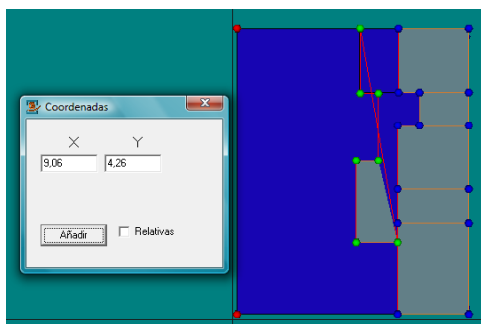
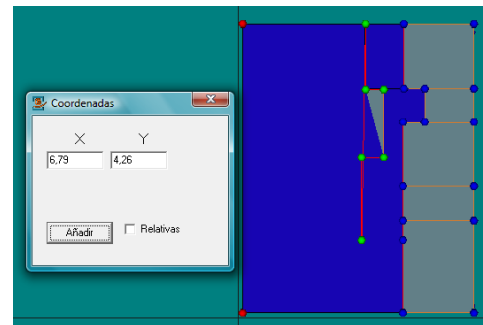
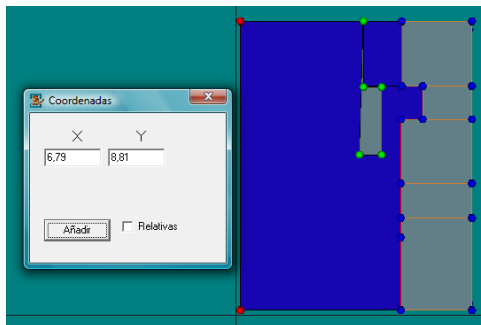
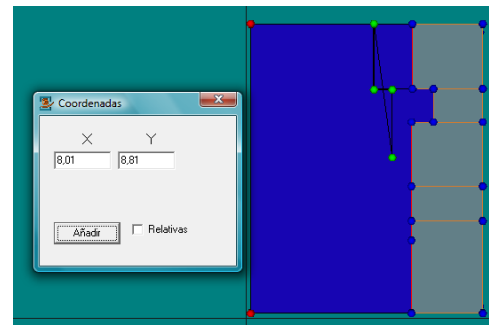
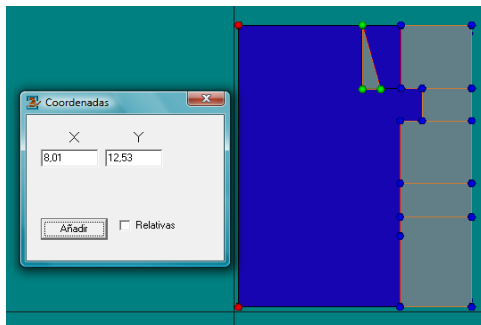
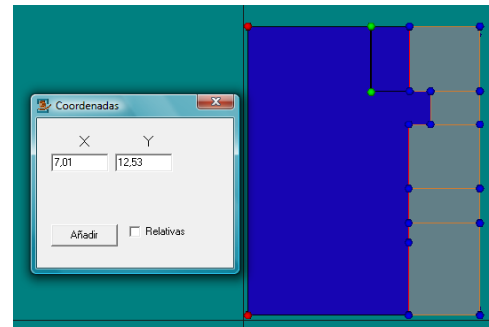
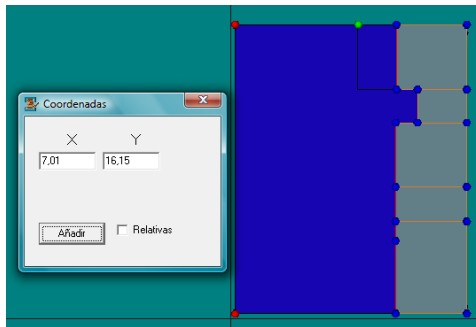


Figura 111. Creación del dormitorio 2 en la planta baja.



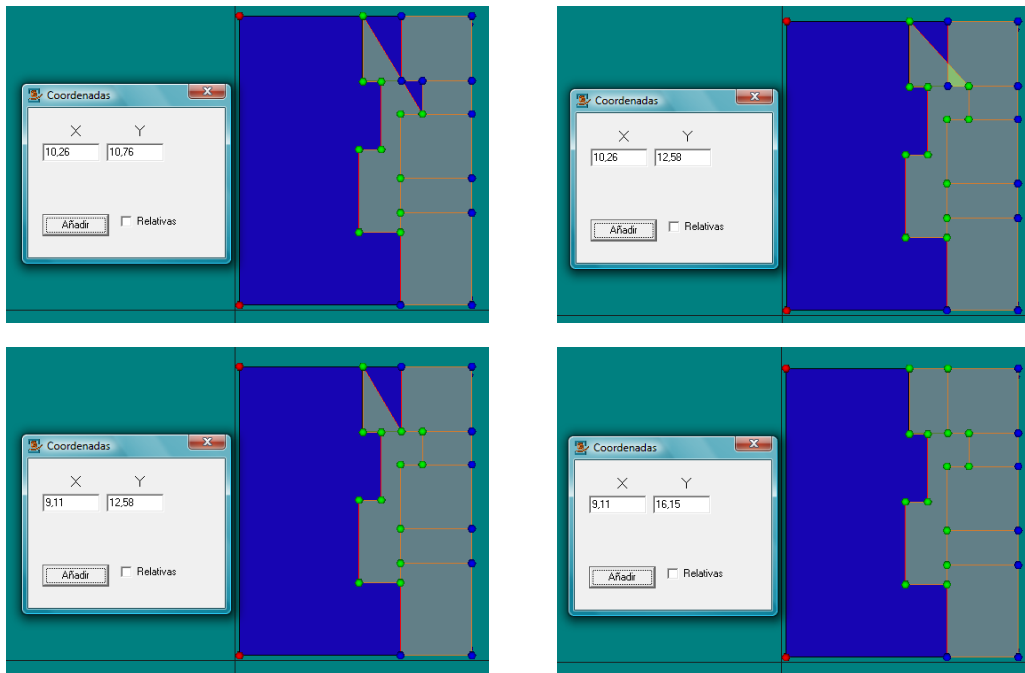


Figura 112. Creación del recibidor y caja de escalera en la planta baja.

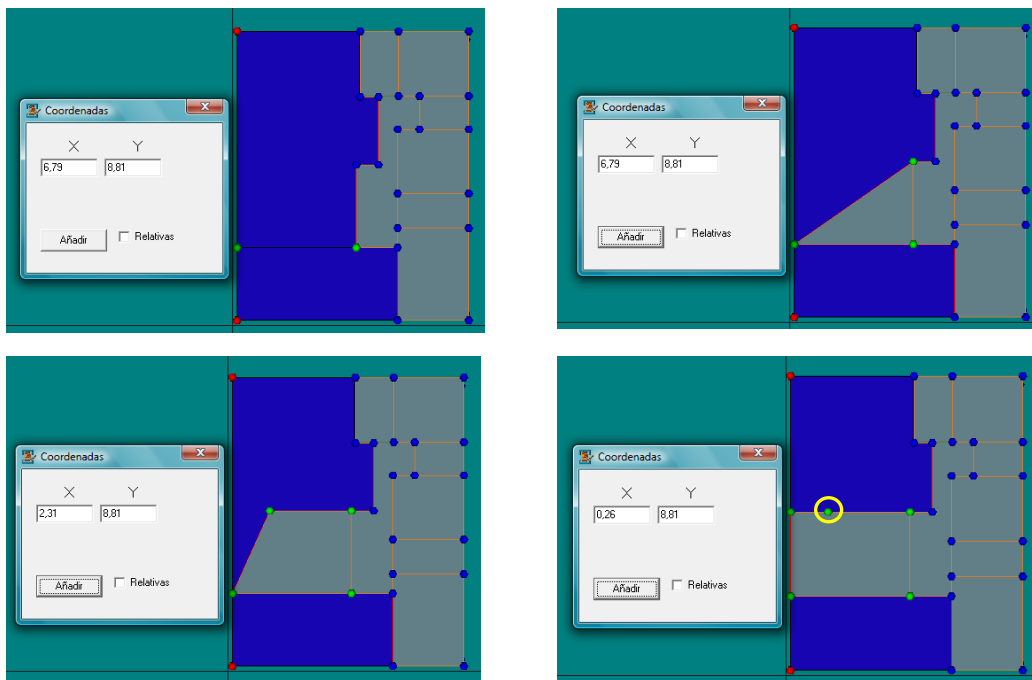


Figura 113. Creación del salón en la planta baja.

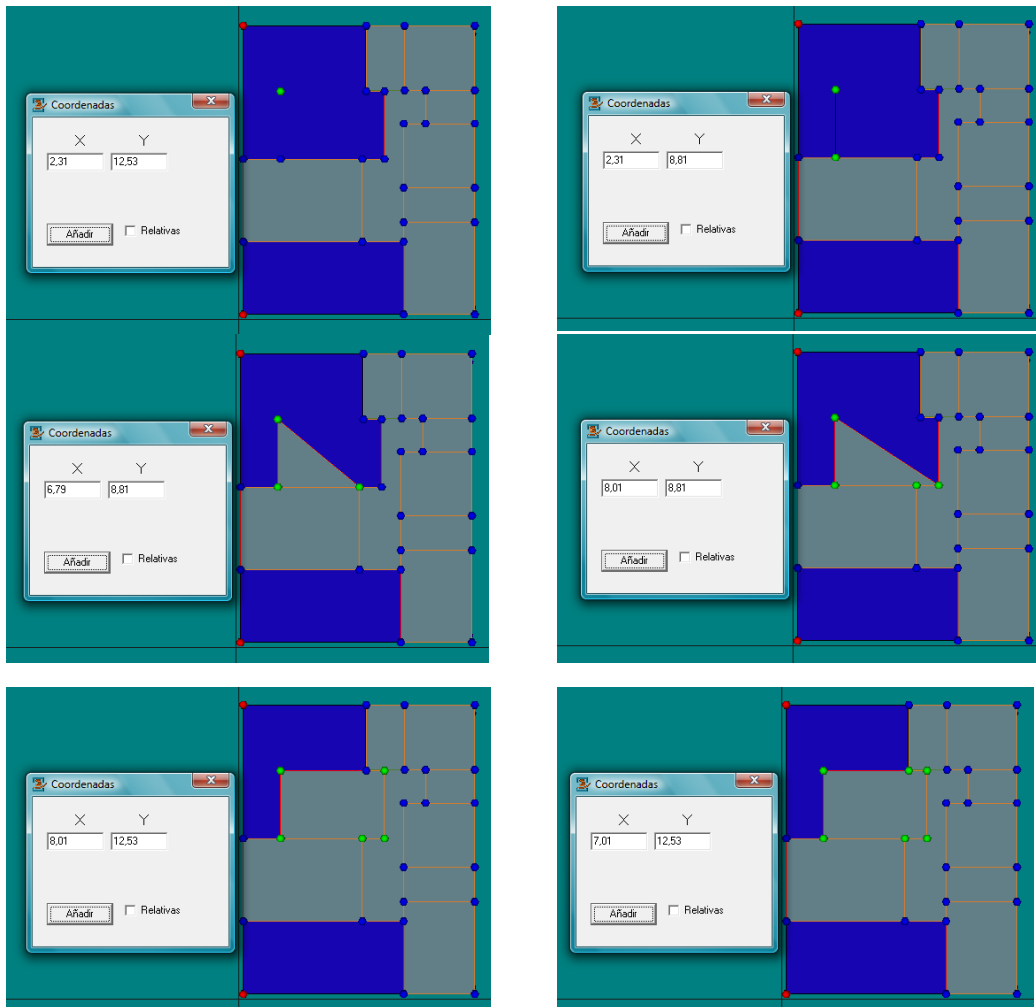


Figura 114. Creación de la cocina en la planta baja.

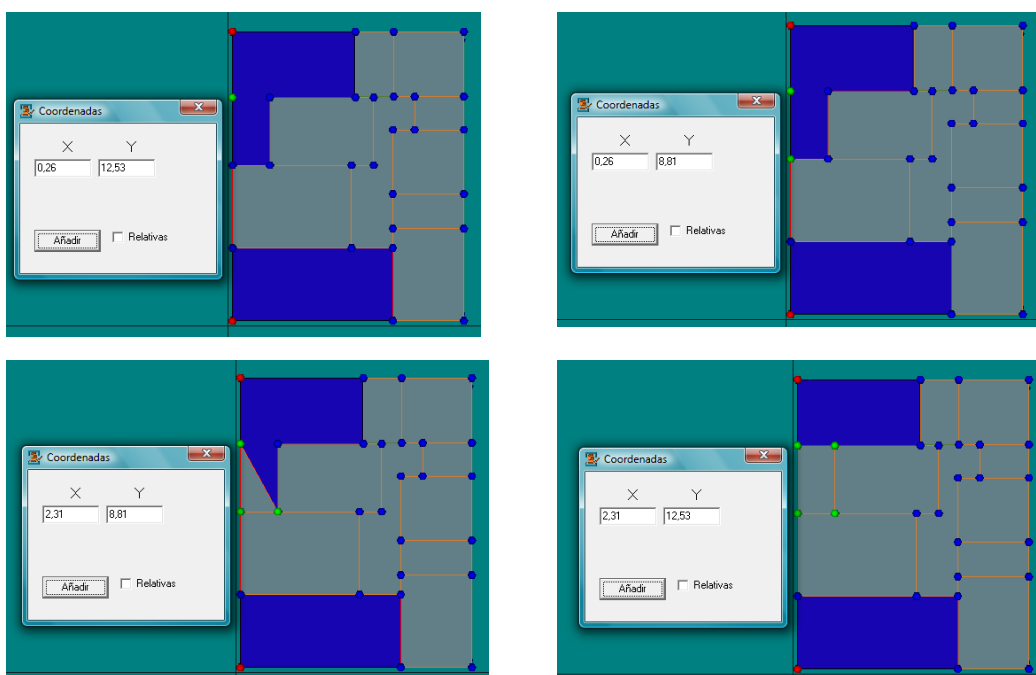


Figura 115. Creación de la despensa en la planta baja.

Una vez realizados todos los espacios se transforma la planta a 3D creando los muros, como ya se haría en la planta sótano.

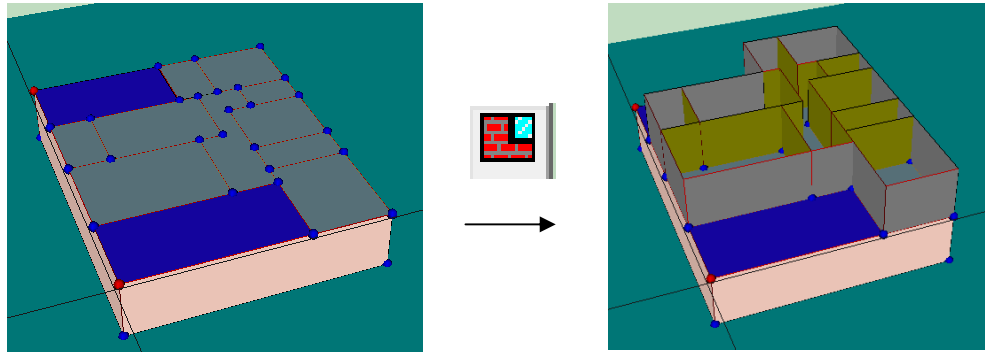


Figura 116. *Transformación de 2D a 3D en la planta baja.*

Y después le damos al icono de crear forjados automáticos, que se definieron en la figura 93.

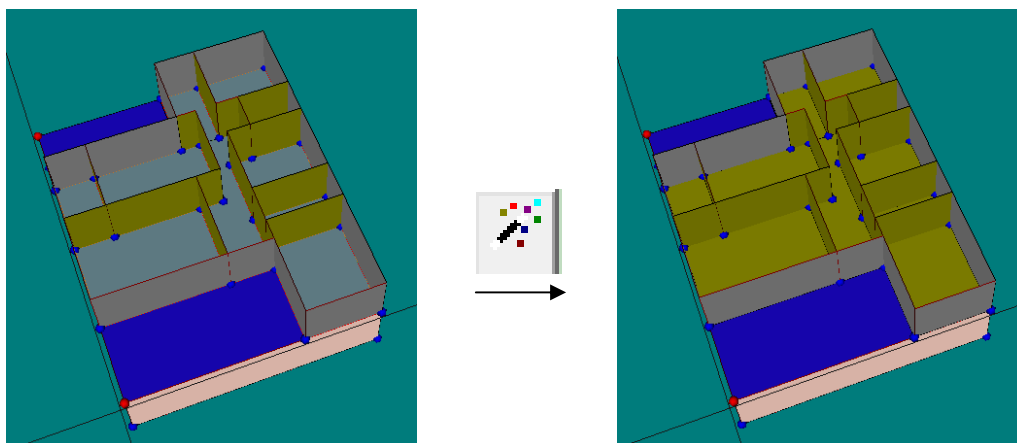
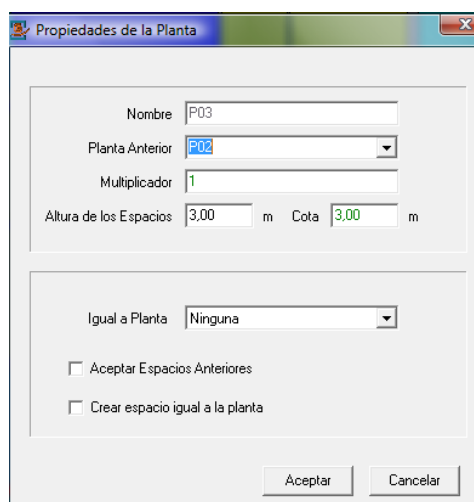


Figura 117. *Asignación de los cerramientos a la planta baja.*

Ahora hacemos lo mismo con la siguiente planta primera. Dándole al icono de crear planta crearemos una planta sobre la planta baja a la cota 3.



Cuando clicamos otra vez en crear espacio por defecto en el cuadro de nombre nos aparecerá P03 ya que la planta baja era P02, en el recuadro inferior que pone planta anterior debemos de pones nuestra planta anterior que en este caso es la planta sótano (P02), como estamos en la planta primera la cota será 3 y la altura de los espacios de nuevo es de 3 metros.

Figura 118. *Creación y propiedades de la primera planta sobre planta baja.*

Creamos la planta igualmente mediante coordenadas absolutas.



Figura 119. *Introducción de los vértices de la primera planta sobre la planta baja.*

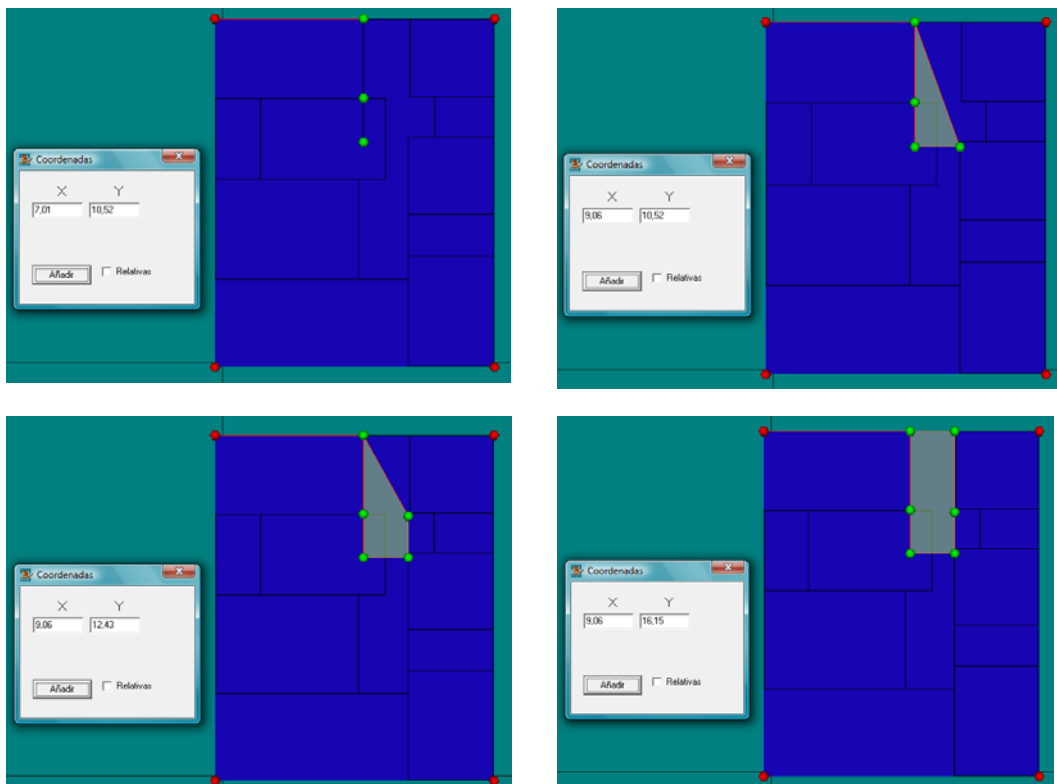


Figura 120. *Creación de caja de escalera en la primera planta.*

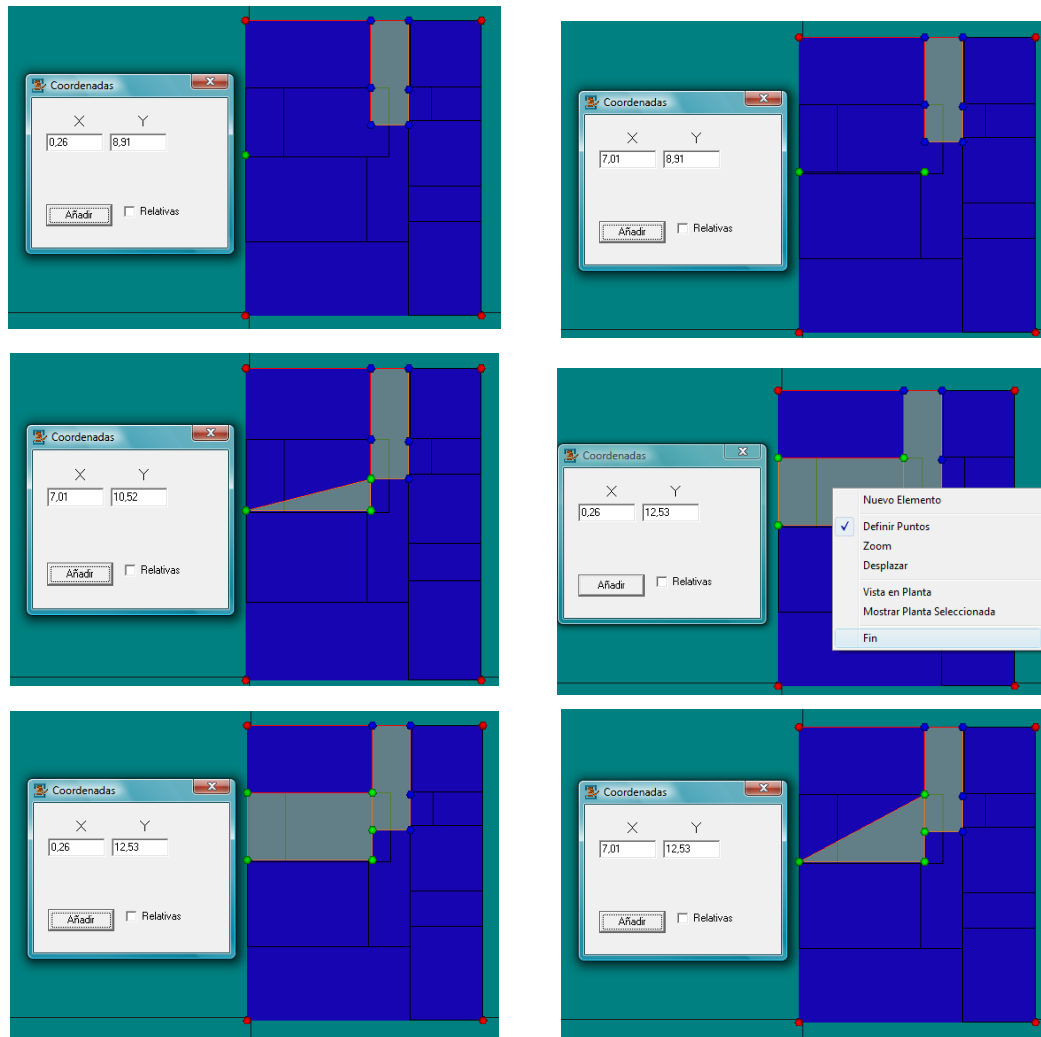


Figura 121. Creación del estudio en la primera planta.

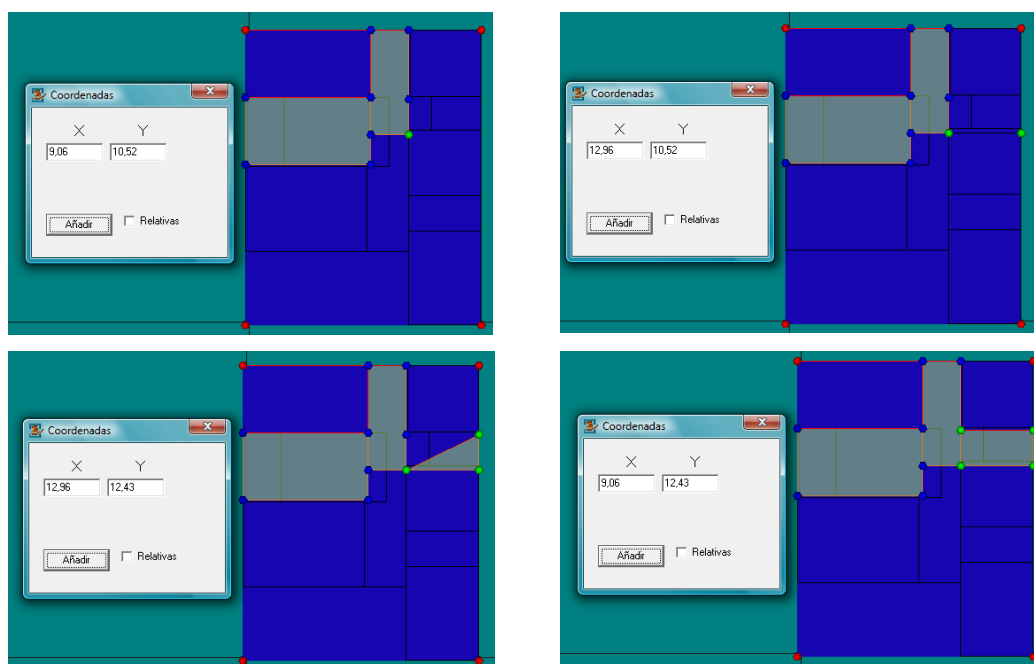


Figura 122. Creación del baño en la primera planta.

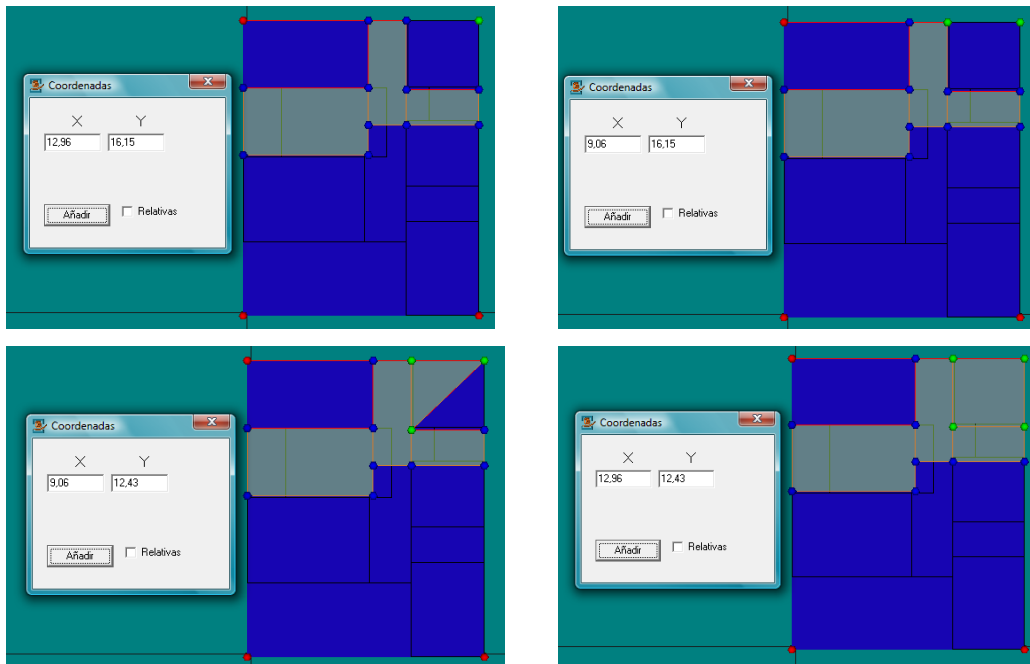


Figura 123. *Creación del dormitorio 4 en la primera planta.*

Una vez realizados todos los espacios de la vivienda creamos los muros, para generara las 3D.

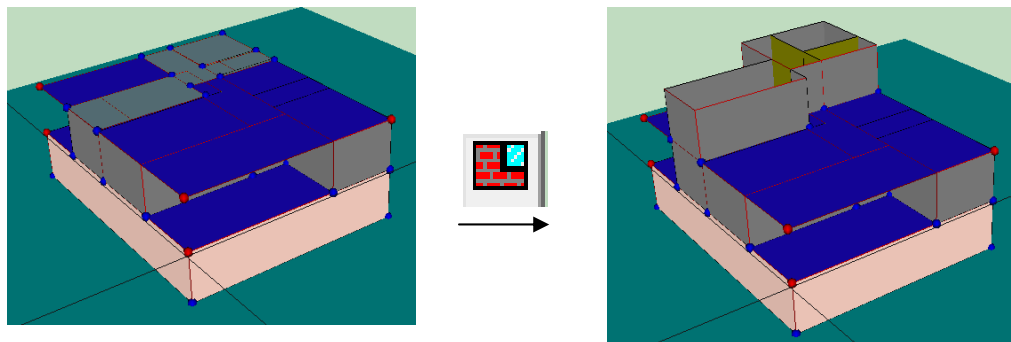


Figura 124. *Transformación de 2D a 3D en la primera planta.*

Y creamos los forjados automáticos definidos en el proyecto para la planta primera.

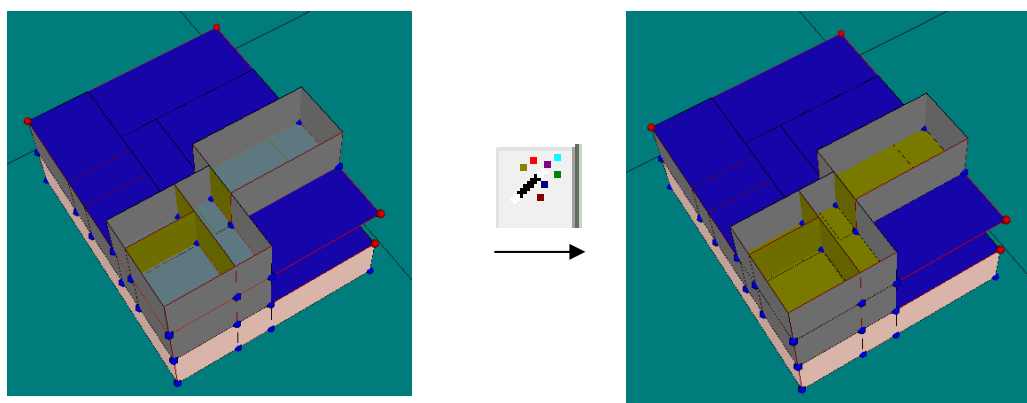


Figura 125. *Asignación de los cerramientos a la planta baja.*

Por último se generará el plano de la cubierta sobre una parte de la planta primera, en la figura 126 se introducen los vértices de dicha cubierta.

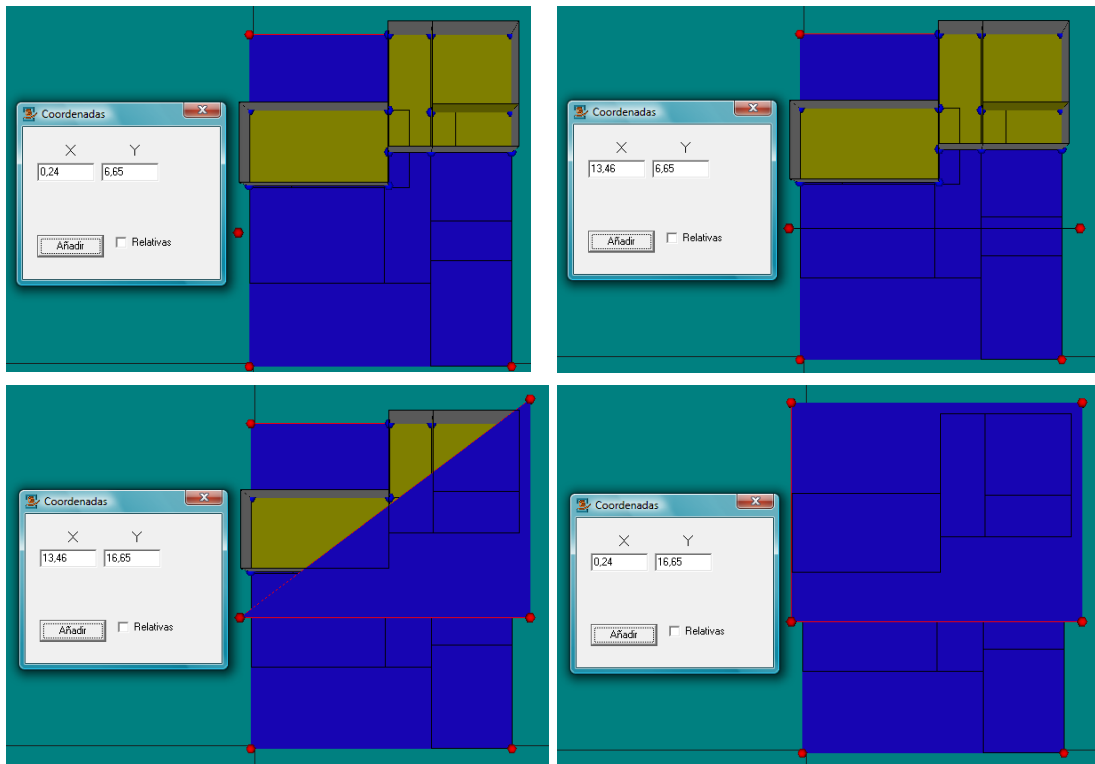
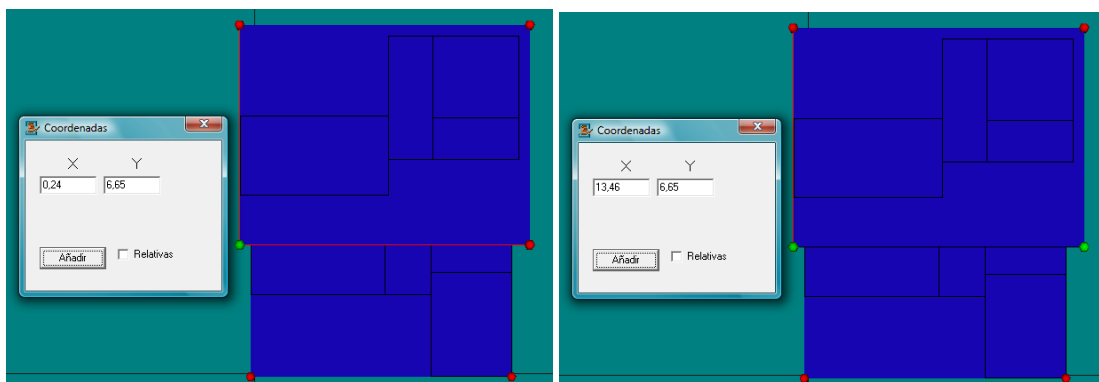


Figura 126. *Creación del forjado bajo la cubierta a cuatro aguas.*

Una vez creada la planta, se creará el tejado. El primer paso es generar los espacios por lo que al ser un tejado de 4 aguas es mejor insertar dos espacios que uno solo ya que si insertamos un espacio solamente el programa puede inducir a un error.



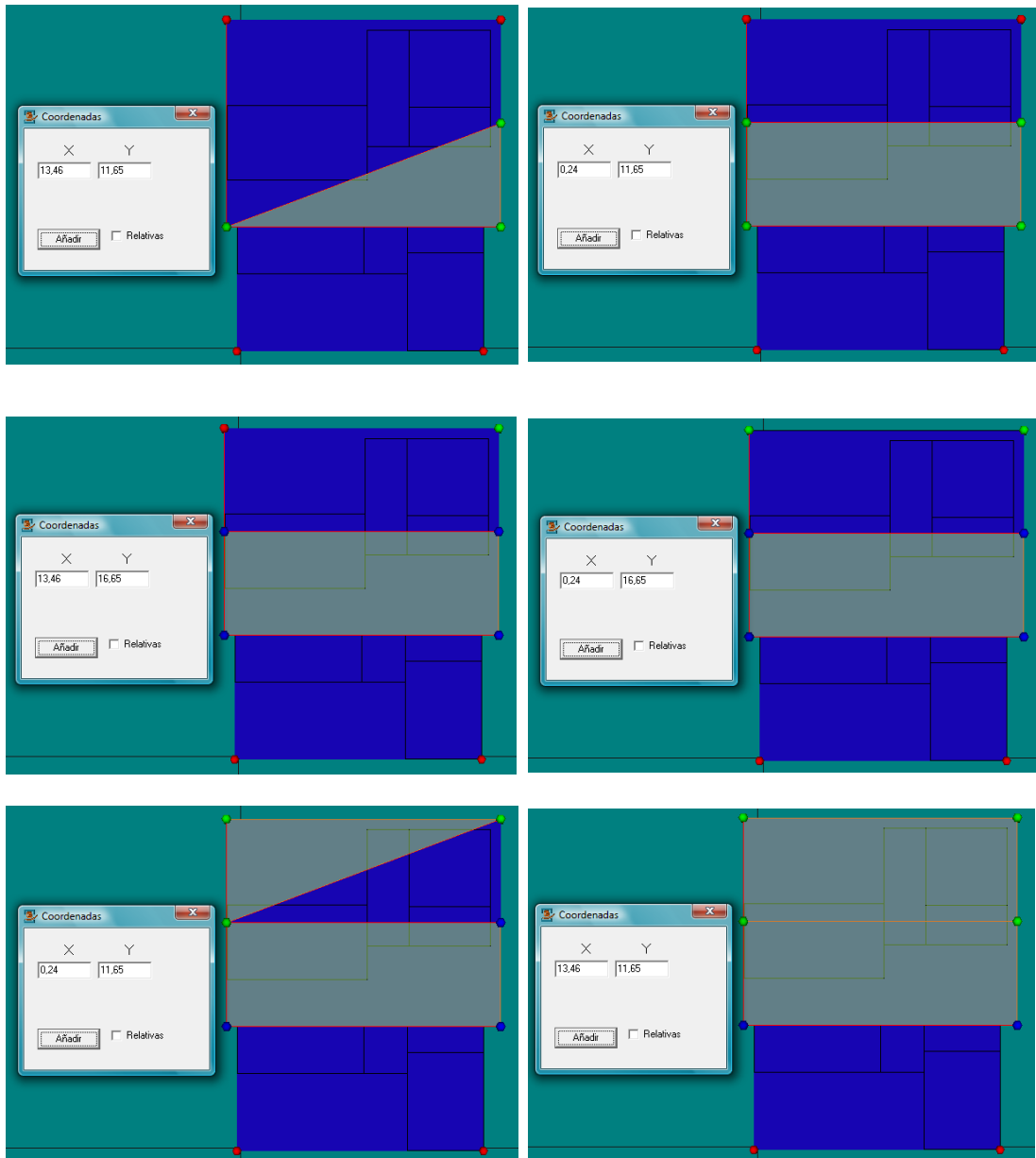


Figura 127. *Generación de los dos espacios para la creación de la cubierta a cuatro aguas.*

Para terminar la cubierta necesitamos una línea auxiliar 3D que nos defina la cumbre para poder así crear los diferentes faldones.



En la figura 128 se puede ver como marcamos las coordenadas de los dos puntos que definen la recta en planta y posteriormente le insertaremos la altura.



Figura 128. *Inserción de las coordenadas de la recta 3D para generar la cumbrera de la cubierta a cuatro aguas.*

Una vez insertados las coordenadas de los dos puntos de la recta, nos aparece otra tabla para insertar la altura a la que queremos poner dichos puntos, es importante recordar que esta altura tiene de referencia la cota cero de nuestro dibujo.

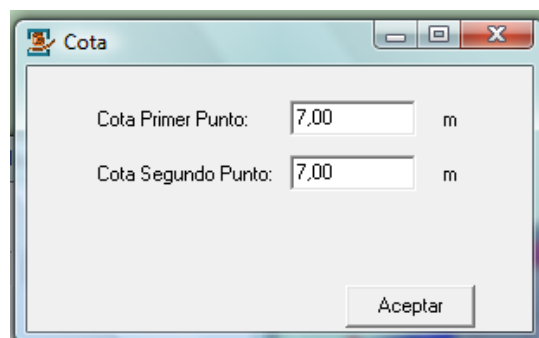


Figura 129. *Inserción de la cota para generar la cumbrera de la cubierta a cuatro aguas.*

En nuestro caso ponemos en los dos puntos de referencia 7 metros de cota ya que la planta baja mide 3 metros, la planta primera mide 3 metros y la cumbrera está a 1,00 metro del forjado de la planta cubierta.

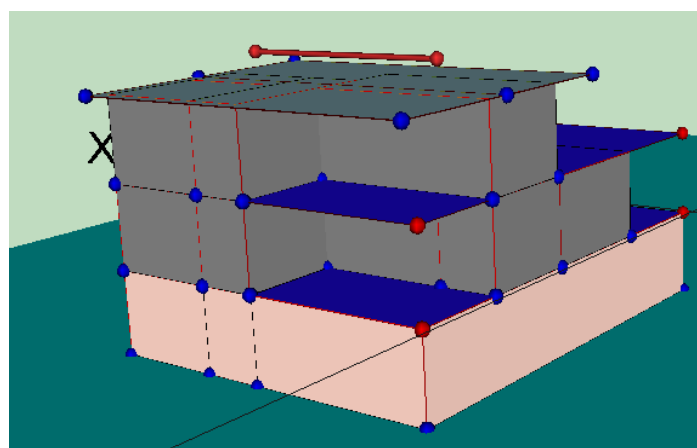


Figura 130. *Vista de la línea de la cumbrera en 3D de la cubierta a cuatro aguas.*



Para crear la cubierta clicamos en el botón de crear cerramientos especiales.

Y deberemos ir clicando en cada esfera de izquierda a derecha hasta conseguir nuestro faldón.

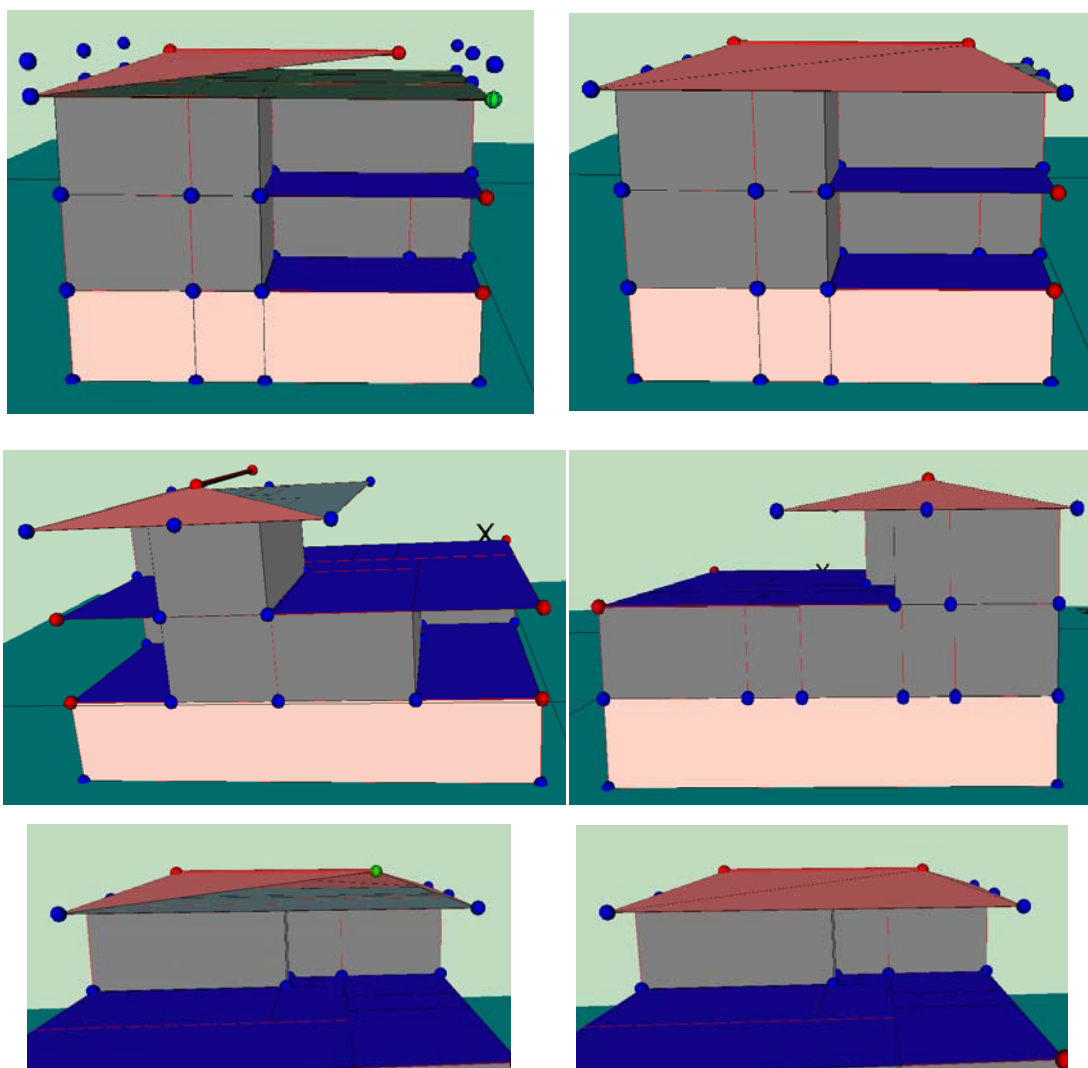


Figura 131. Creación de la cubierta a cuatro aguas.

Por último una vez generado el edificio en 3D insertamos ventanas y puertas en cada una de las superficies.



Situar la ventana o puerta con el ratón no es lo suficientemente preciso para que tenga las dimensiones que nosotros queremos darles. Por lo tanto después debemos de editar la ventana creada y revisar si los datos son correctos (figura 132).

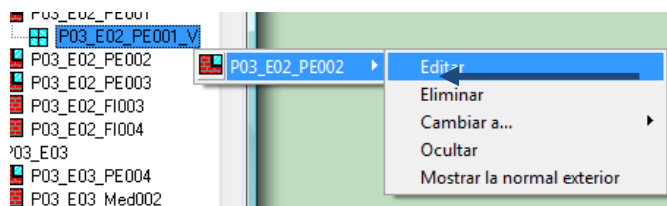


Figura 132. Edición de las ventanas y puertas insertadas en el edificio en 3Dcuatro aguas.

En las figuras 133 a 148 se muestran como se editan cada una de las ventanas y puertas de la vivienda unifamiliar. La superficie de los huecos que se van creando y editando se visualiza en la representación en color azul claro.

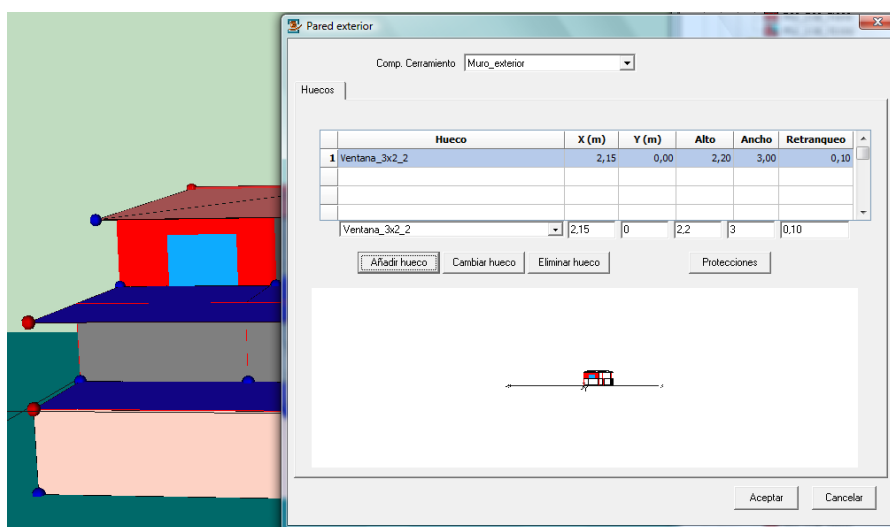


Figura 133. Edición de la puerta de salida a la terraza de la primera planta.

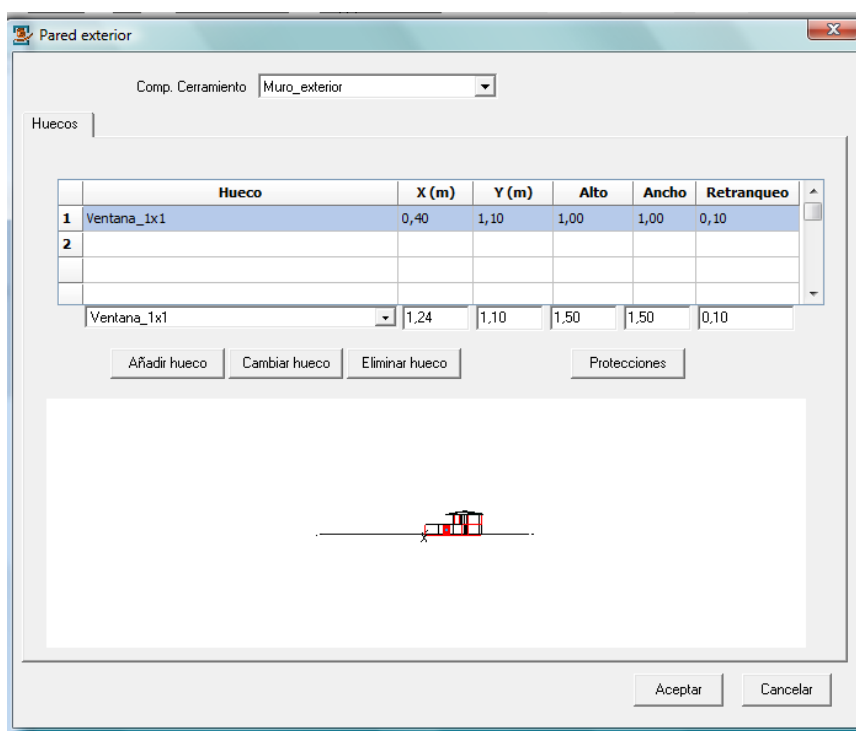


Figura 134. Edición de la ventana del baño 1 en la planta baja.

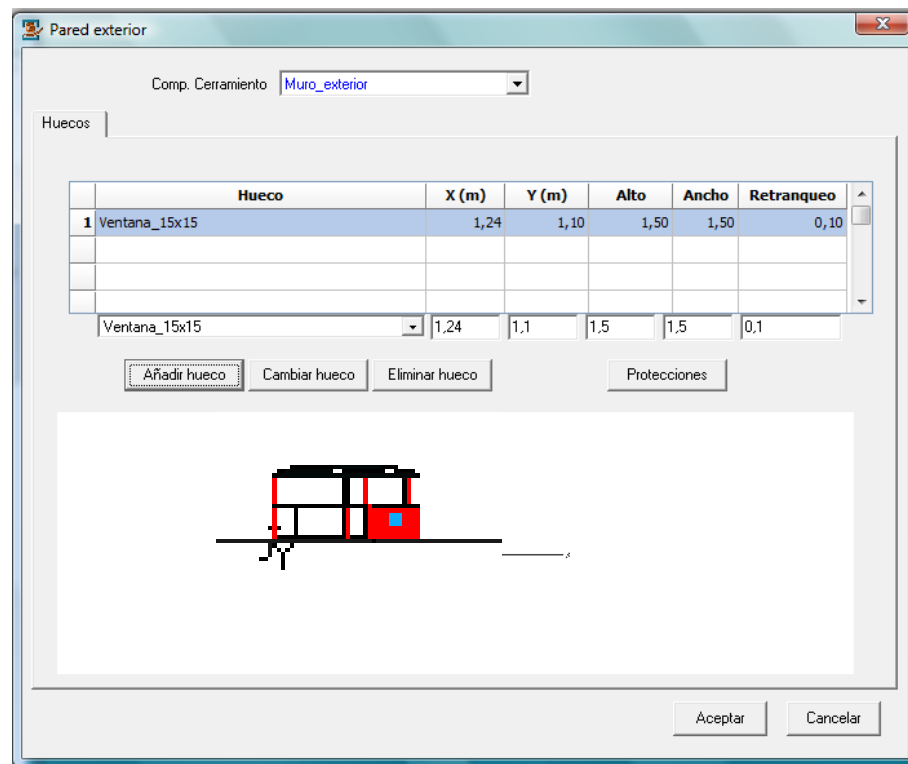


Figura 135. *Edición de la ventana del dormitorio 1 en la planta baja.*

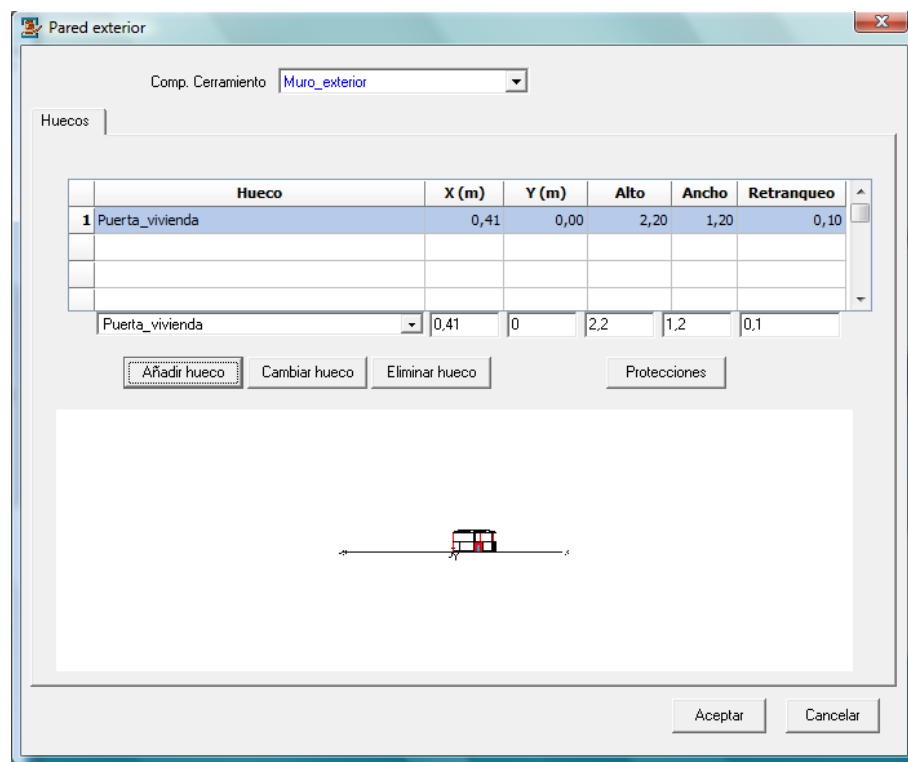


Figura 136. *Edición de la puerta principal en la planta baja.*

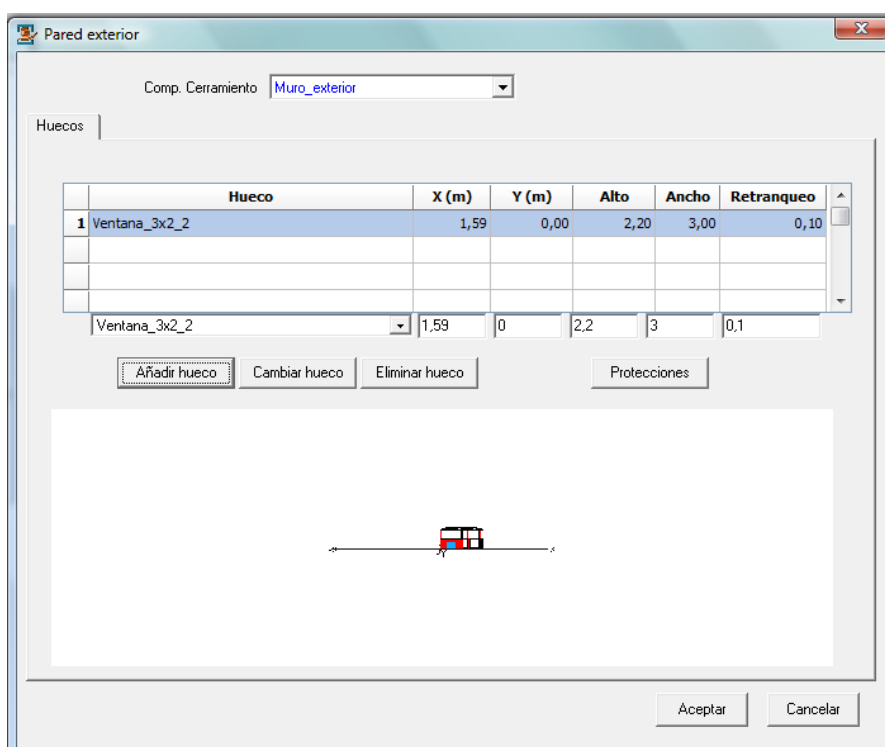


Figura 137. Edición de la ventana del salón-comedor en la planta baja.

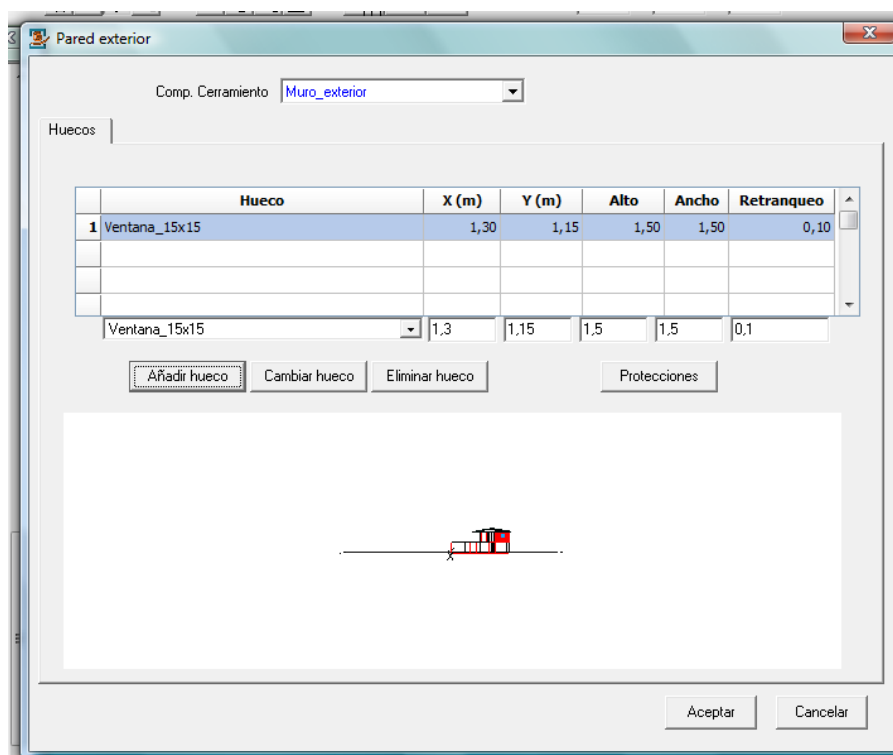


Figura 138. Edición de la ventana del dormitorio 4 en la primera planta.

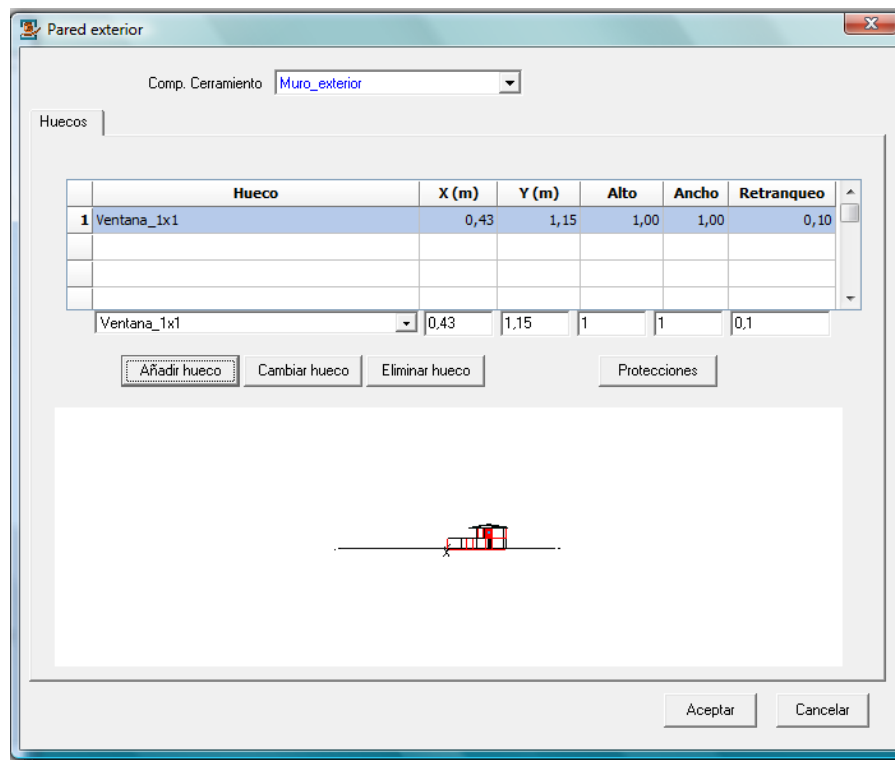


Figura 139. *Edición de la ventana del baño 3 en la primera planta.*

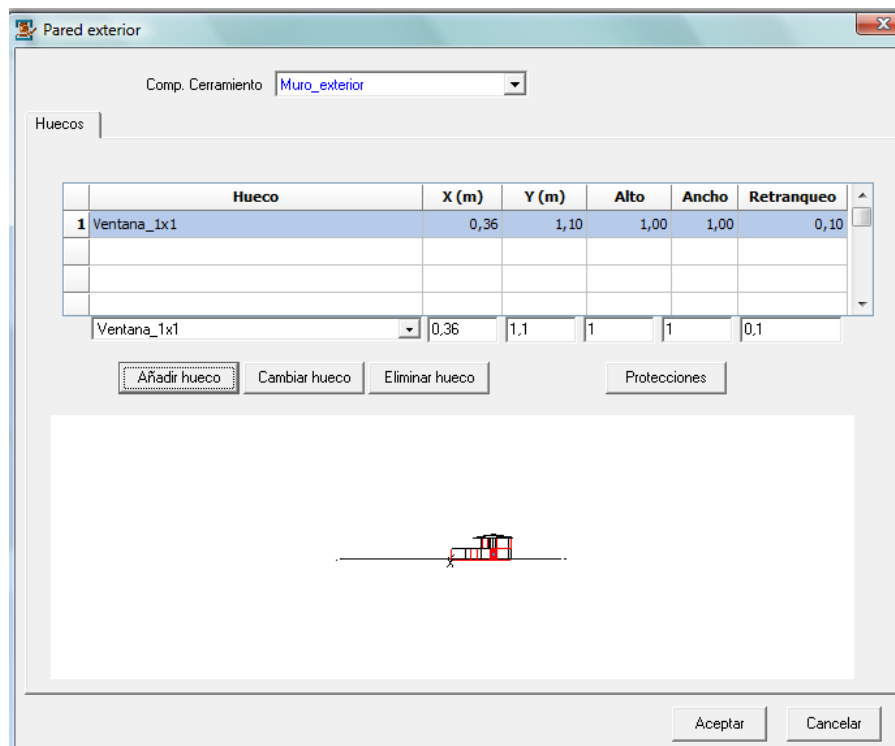


Figura 140. *Edición de la ventana del baño 2 en la planta baja.*

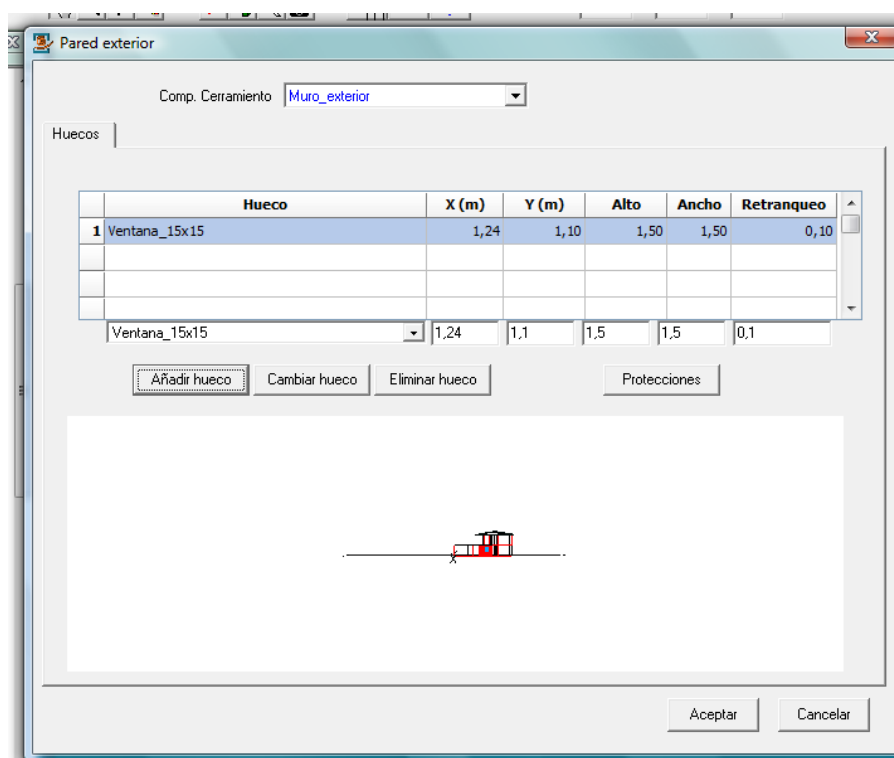


Figura 141. Edición de la ventana del dormitorio 2 en la planta baja.

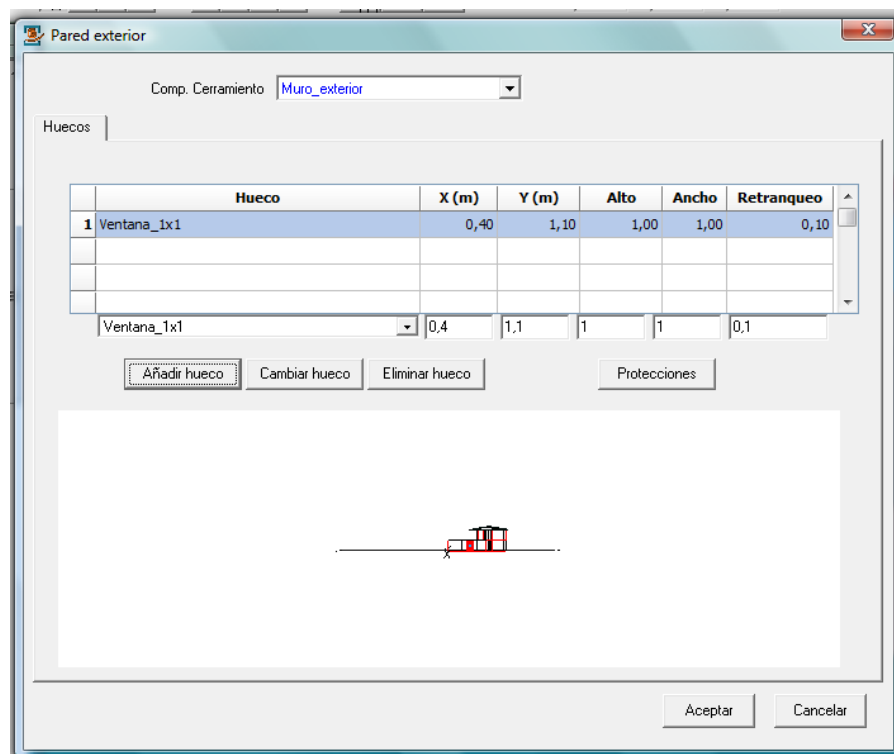


Figura 142. Edición de la ventana del baño 1 en la planta baja.

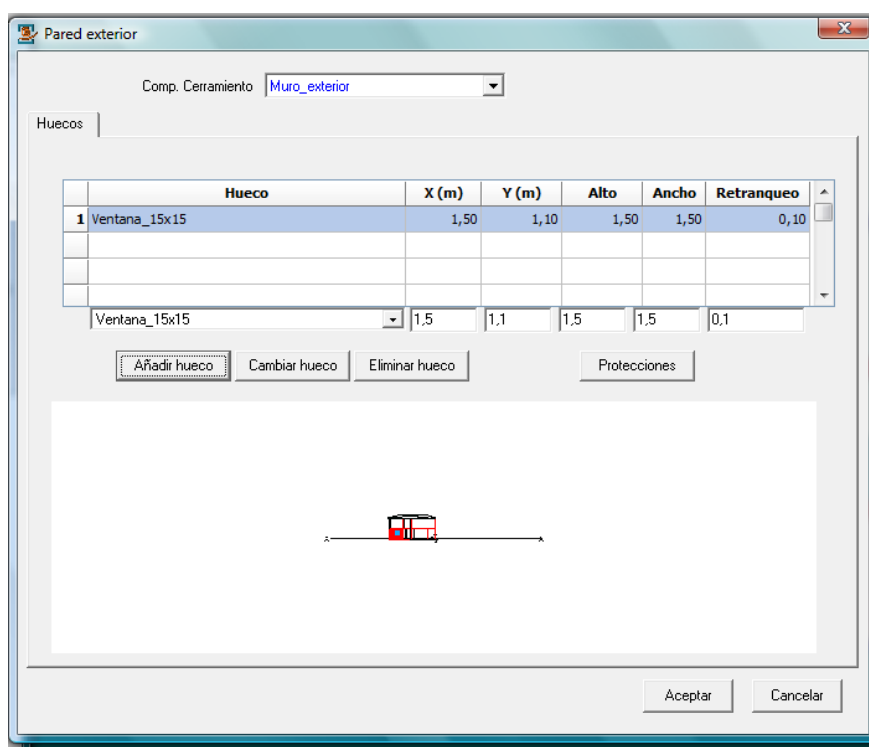


Figura 143. *Edición de la ventana del dormitorio 3 en la planta baja.*

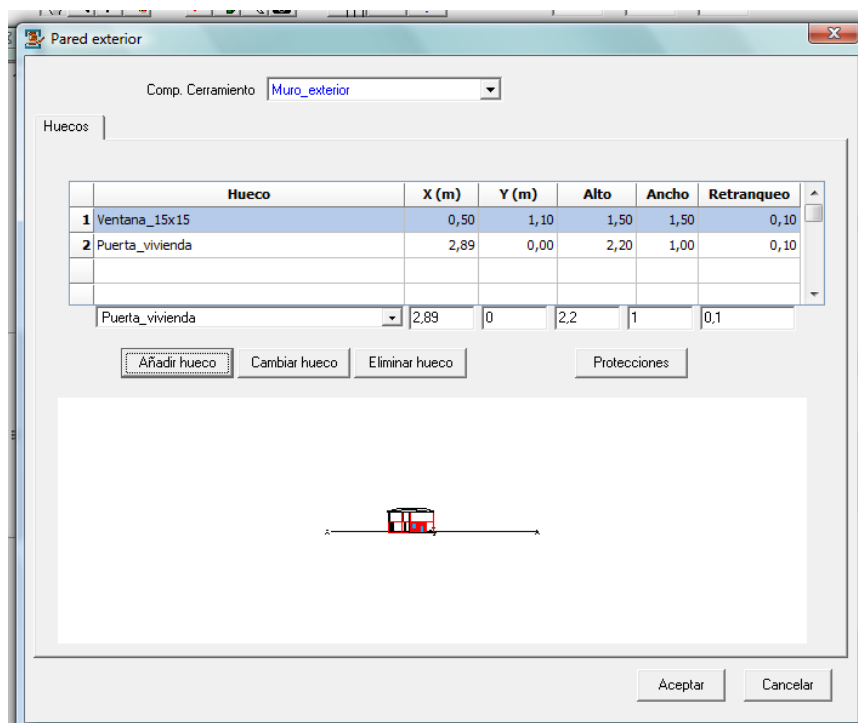


Figura 144. *Edición de la puerta y ventana de la cocina en la planta baja.*

Al insertar la puerta y ventana de la cocina. Como se ve en este muro tenemos dos huecos, una ventana y una puerta, pues bien, se podrá colocar todos los huecos

que necesitemos sin que la superficie de los huecos supere la superficie del muro donde los estamos insertando. Si supera esta superficie el programa dará error y no insertará dicho hueco.

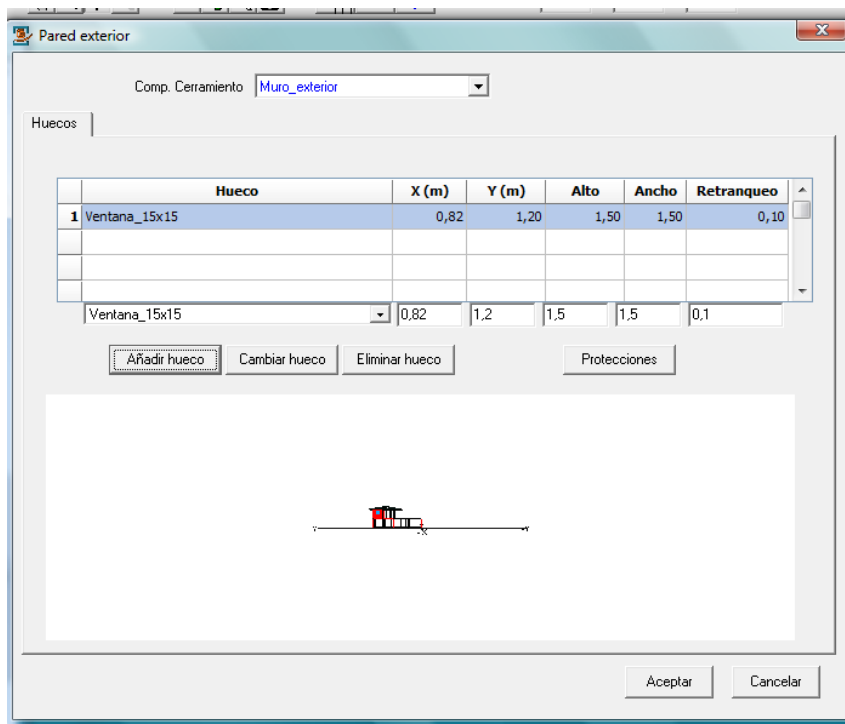


Figura 145. Edición de la ventana del dormitorio 4 en la primera planta.

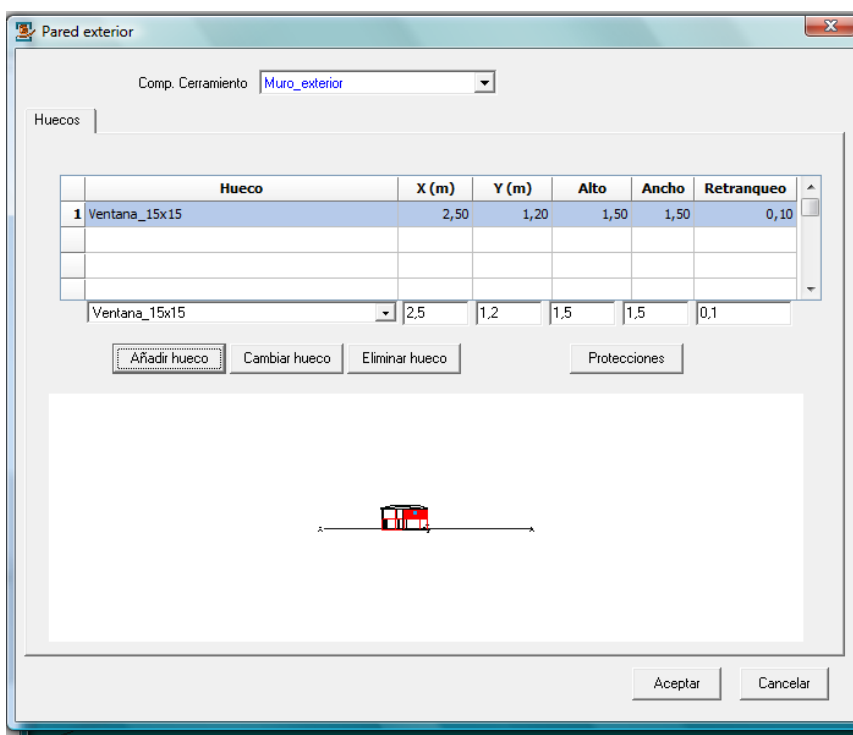


Figura 146. Edición de la ventana del estudio en la primera planta.

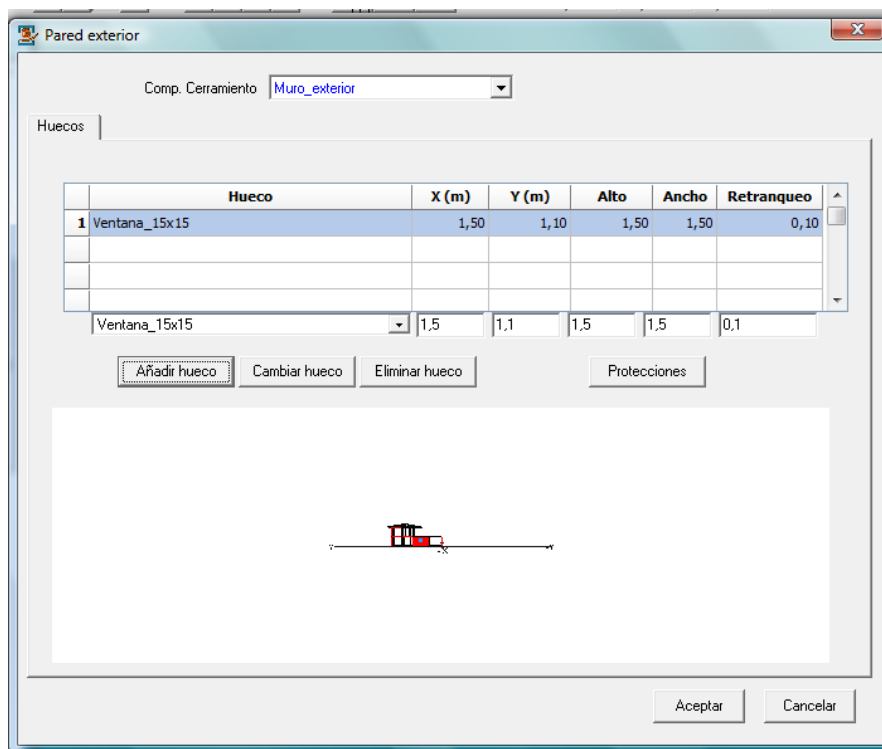


Figura 147. *Edición de la segunda ventana del salón-comedor en la planta baja.*

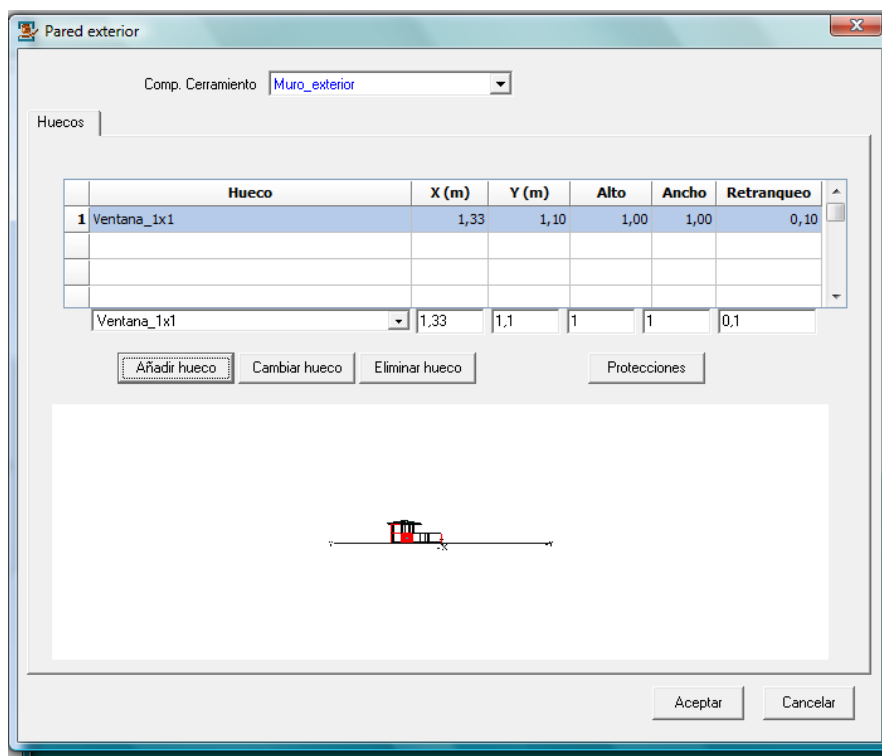


Figura 148. *Edición de la segunda ventana de la cocina en la planta baja.*

- Creación de los elementos sombra

Los elementos de sombra propios del edificio son aquellos que no están asociados a la envolvente térmica del edificio, ni a las ventanas, y sin embargo proyectan sombra sobre elementos del edificio; como por ejemplo los aleros de los tejados, los voladizos creados por salientes de los forjados y en nuestro caso será el peto de la terraza.

Los elementos de sombra en este proyecto son los muretes de la terraza de la primera planta.

Estos elementos sombra se colocan a partir de líneas auxiliares 3D que delimitan el recinto de la sombra, como se muestra en la figura 149.

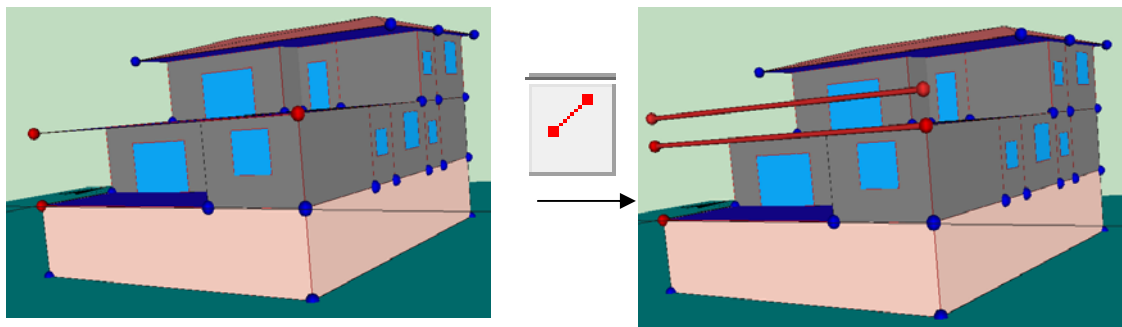


Figura 149. Colocación de las líneas 3D para generar los elementos de sombra.



150.

Para generar la superficie se selecciona el icono de después en el icono de elementos singulares, y se sigue la secuencia que se puede ver en la figura

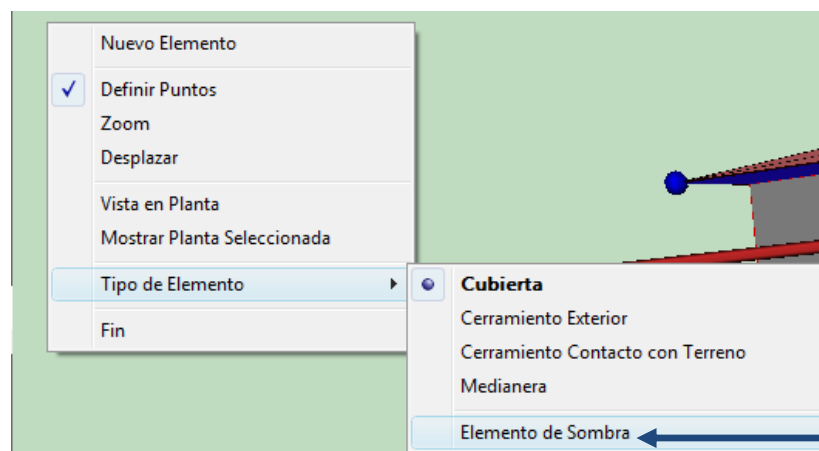


Figura 150. Elección del elemento de sombra.



Figura 151. *Asignación del espacio en la planta.*

Se genera el espacio en la planta y espacio adecuado (figura 151) y seleccionando los tres vértices en el sentido contrario a las agujas del reloj y finalizándolo con el botón derecho del ratón y seleccionando fin (figura 152).

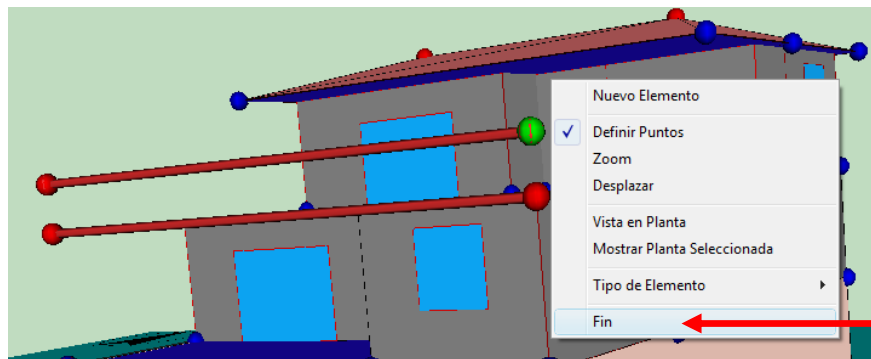


Figura 152. *Finalización de la superficie del elemento de sombra.*

Justo después de finalizar se inserta automáticamente el elemento sombra como se puede ver en la figura inferior.

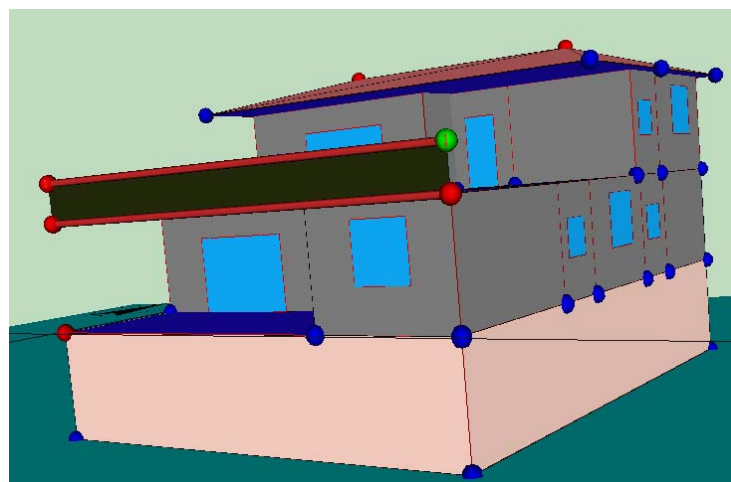


Figura 153. *Vista de la superficie del elemento de sombra.*

Ahora hacemos el mismo procedimiento para los dos laterales que nos faltan para definir el peto de la terraza (figura 154) y del forjado que queda sobre el porche (figura 155).

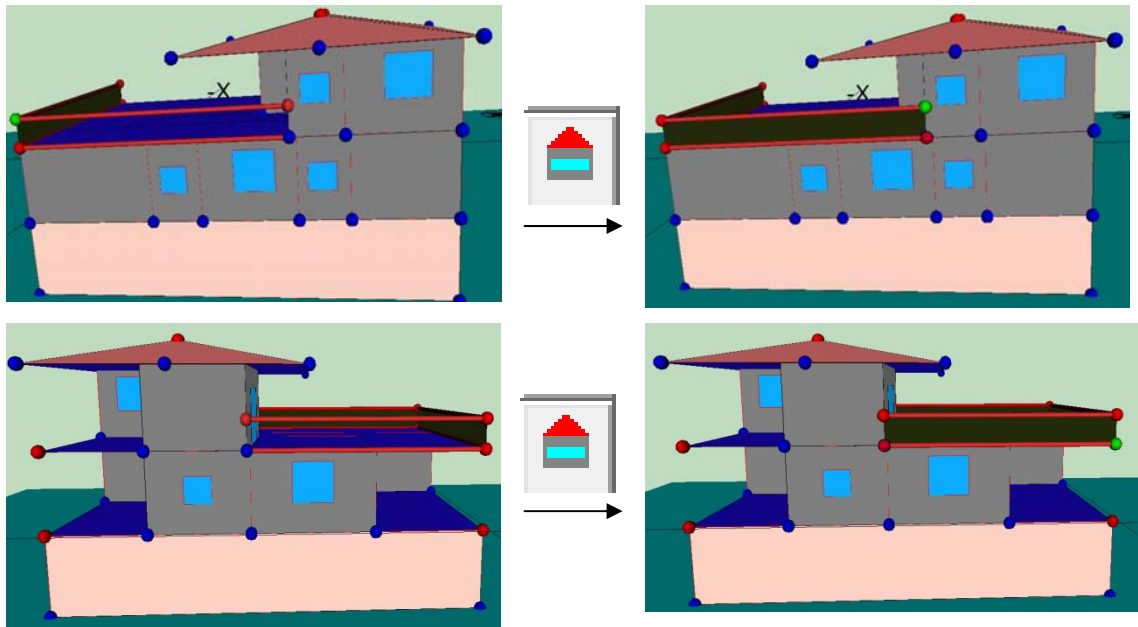


Figura 154. *Secuencia de inserción de superficies de elementos de sombra.*

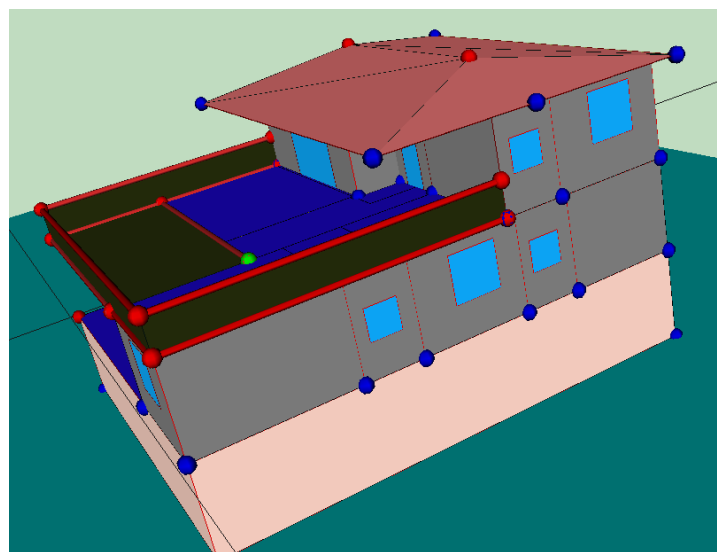


Figura 155. *Vistas en LIDER de los elementos de sombra de la vivienda unifamiliar.*

- Designación definitiva de cerramientos y particiones.

Como se ha indicado anteriormente en la pestaña "*Opciones > Construcción*" se definieron los cerramientos y particiones más frecuentes, ahora que ya tenemos definida la totalidad de la vivienda, deberemos de revisar esos espacios y cambiar los elementos que se hayan puesto por defecto erróneamente.

Además se definirán los espacios como habitables o no habitables, el tejado y sótano serán no habitables por lo tanto se seleccionará en los espacios del sótano y cubierta que se encuentran en el icono del árbol en el cual salen todos los espacios y elementos de los que consta la volumetría.

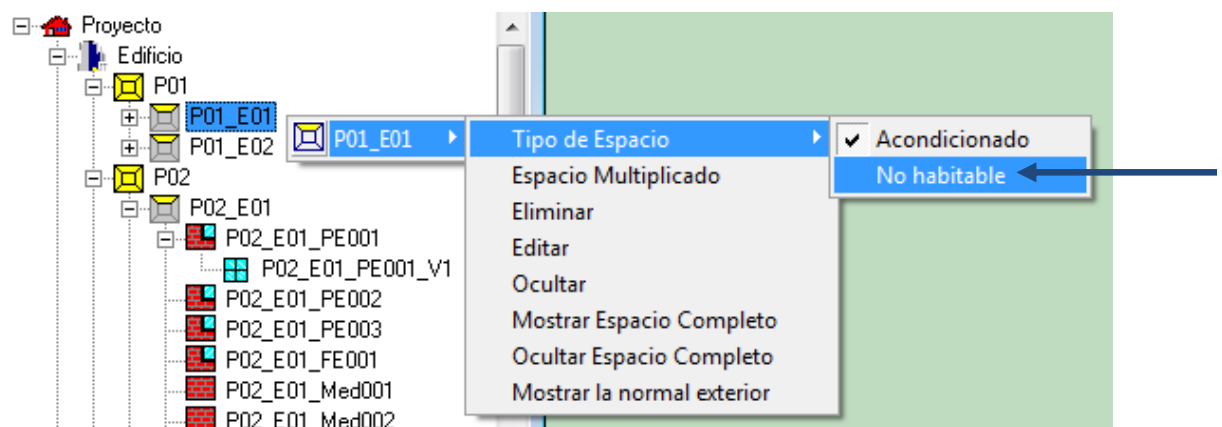


Figura 156. *Designación del espacio no habitable del garaje-sótano.*

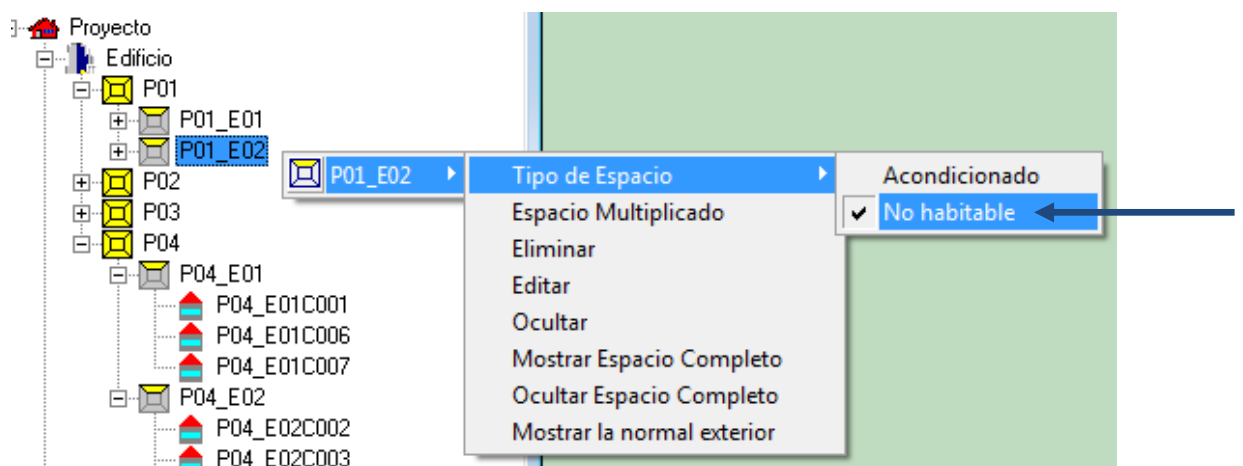


Figura 157. *Designación del espacio no habitable de las escaleras del sótano.*

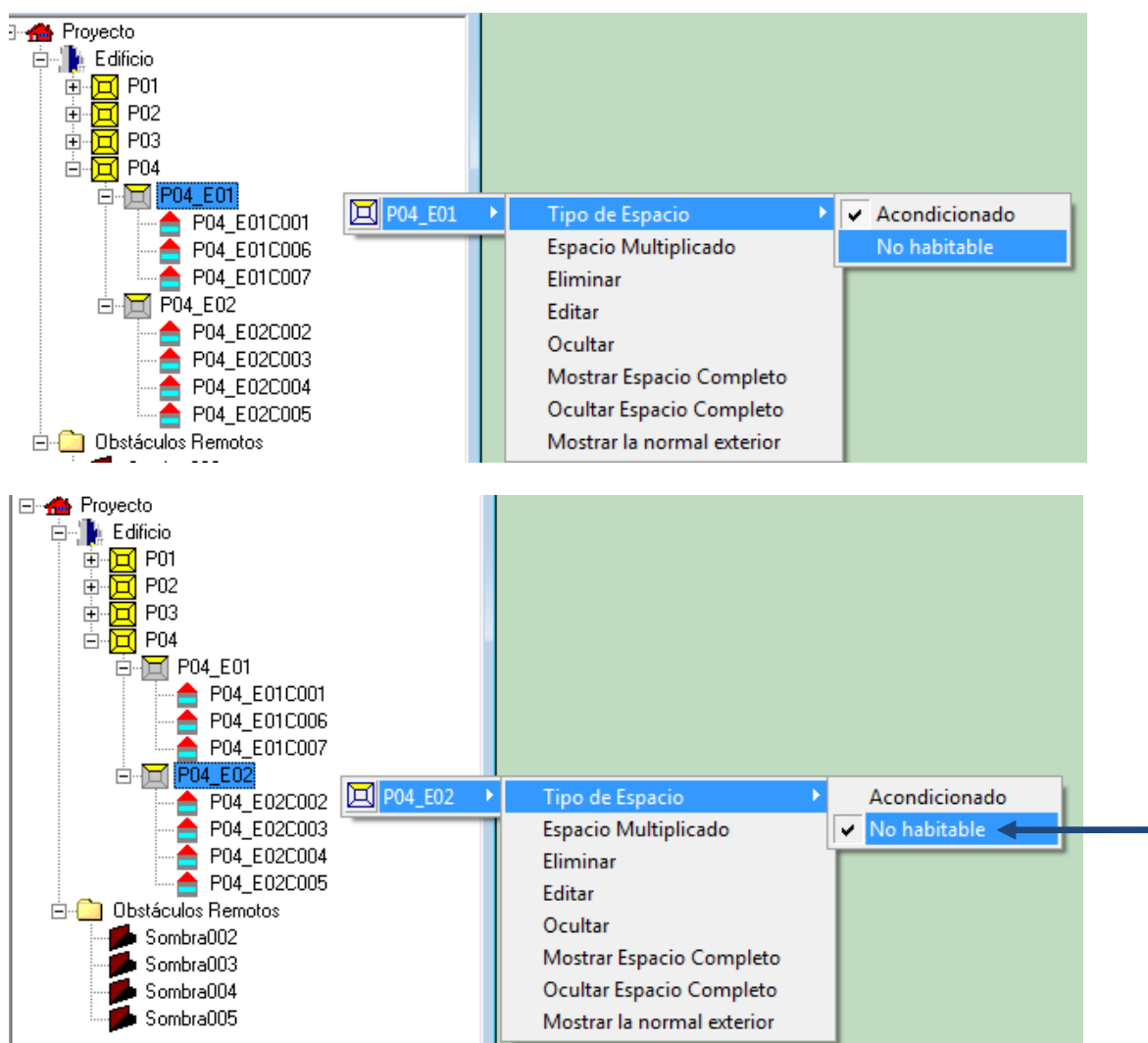
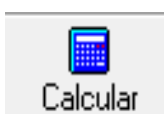


Figura 158. Designación del espacio no habitable de la primera y segunda mitad de la cubierta.

5.6.5. CALCULO Y RESULTADOS OBTENIDOS EN LIDER

Una vez introducidos todas las características de la vivienda unifamiliar en LIDER, se procede al cálculo de la adecuación si la vivienda cumple con la limitación de la demanda energética de la HE-1.

El programa genera un edificio modelo con las características mínimas que debe cumplir vivienda unifamiliar en la zona climática del proyecto y lo compara con las características del edificio definido. Pulsando en el botón cálculo de la barra de botones, se procede al cálculo del edificio.



El resultado se muestra la comparación entre la demanda de calefacción y refrigeración del edificio objeto con el de referencia, en porcentaje y en un diagrama de barras, especificando si CUMPLE o NO CUMPLE con la HE1.

Cálculo global de toda la vivienda unifamiliar aparece en la figura 159, en ella se ve como la vivienda cumple tanto con la demanda de la calefacción que sería necesaria para dicha vivienda y también la de refrigeración.

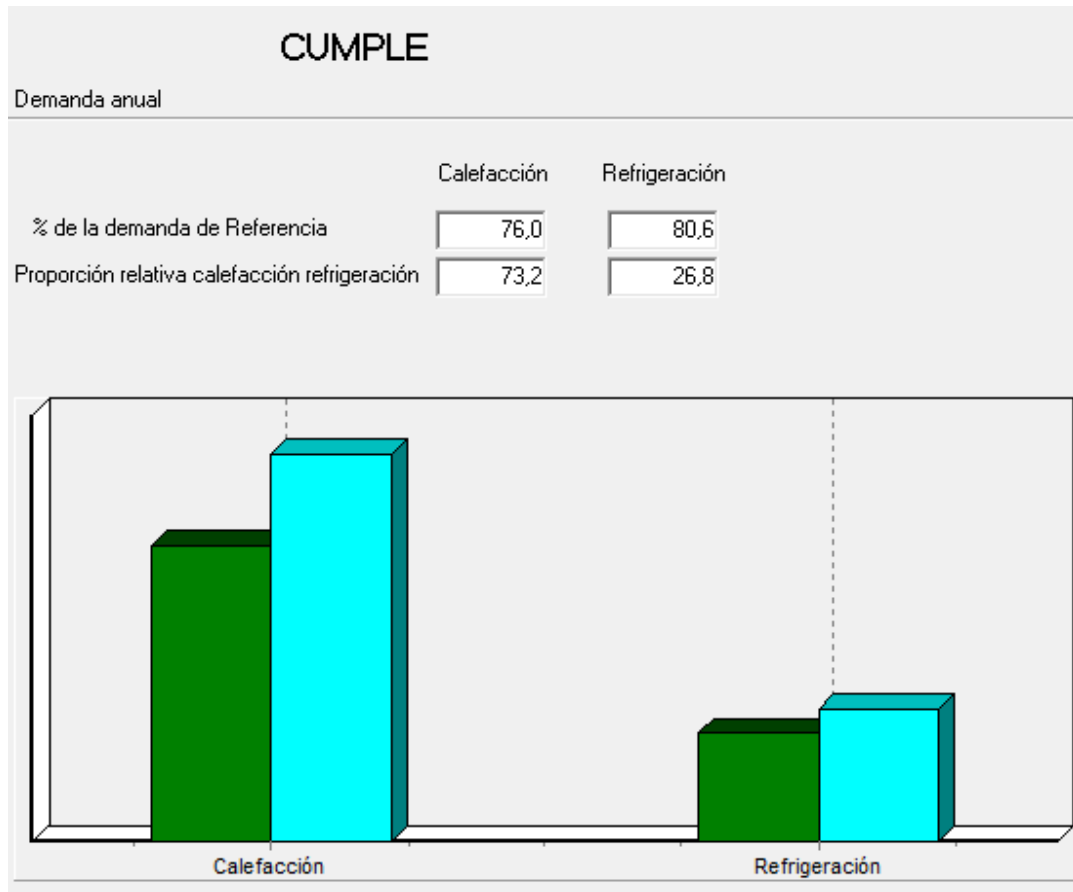


Figura 159. **Resultados del cálculo de la limitación de la demanda energética de LIDER.**

Aunque los valores de los resultados relativos de calefacción se encuentren en un 73,2 % con respecto a la vivienda base, solo se mejora en un 26,8 % en refrigeración. Esto es debido a que en la construcción de la envolvente no se han utilizado elementos constructivos muy complejos, simplemente elementos que cumplieran de forma adecuada con la normativa pero que no supusieran un coste de construcción muy elevado. Simplemente con esos criterios se limita demanda de forma adecuada, mientras que la de refrigeración se limita menos.

Eso es debido a que en la zona climática donde se encuentra la vivienda se gasta más energía en la generación de instalaciones de refrigeración que en las de climatización. Además de que es más fácil mejorar la demanda en calefacción.

En la figura 160, se presentan también los resultados obtenidos en cada una de los espacios de la vivienda, lo cual también reporta el software para conocer cuál de ellas son las que limitan mejor o peor la energía.



Espacios	m²	nº espacios iguales	Calefacción		Refrigeración	
			% de max	% de ref	% de max	% de ref
P02_E02	7,4	1	71,7	76,8	74,8	92,1
P02_E04	4,9	1	57,9	61,6	84,7	80,4
P02_E03	13,8	1	62,3	69,2	76,4	80,9
P02_E05	13,7	1	75,5	63,6	55,5	90,2
P02_E06	29,7	1	63,4	110,6	100,0	78,3
P02_E07	7,6	1	96,2	72,4	77,9	76,9
P02_E08	21,2	1	64,3	68,0	56,1	104,9
P02_E01	19,8	1	77,2	75,4	69,8	92,8
P02_E09	24,0	1	71,8	81,7	45,1	88,9
P03_E03	7,4	1	95,5	75,6	74,5	73,1
P03_E04	14,5	1	72,4	68,0	74,7	80,3
P03_E01	24,3	1	65,5	76,5	89,7	72,3

Figura 160. *Tabla de resultados por estancias del cálculo de la limitación de la demanda energética de LIDER.*

5.7. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA Y COMPARATIVA CON OTROS SISTEMAS.

En este apartado se obtendrá la certificación energética de la vivienda unifamiliar, considerando tres supuestos y posteriormente comparándolos entre ellos.

El hacer los supuestos implica el grado de mejora que se obtendrá en la edificación, modificando las instalaciones en este caso de calefacción y ACS (Agua caliente sanitaria). Un primer supuesto será los considerando las necesidades básicas de aporte de energía solar para la obtención de ACS con un apoyo de energía mediante termo eléctrico, situación más básica en edificación, un segundo supuesto con la adicción de un sistema de calefacción mediante radiadores de agua caliente y caldera convencional y por último el tercer supuesto igual al segundo pero sustituyendo la caldera convencional por la bomba de calor geotérmica.

Se especificarán las características a definir en los programas de cálculo necesarios para la obtención de las etiquetas energéticas, CALENER VYP, POSTCALENER e ICE (software para el cálculo de la certificación energética de la instalación geotérmica)

Una vez obtenidos los certificados energéticos en cada uno de los supuestos, se compararán entre ellos para estudiar las características de mejora en cada uno de ellos.

5.7.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Una vez comprobando el cumplimiento de la limitación de la demanda energética del edificio mediante el software LIDER, el siguiente paso para obtener su

calificación energética es introducir los sistemas de climatización y ACS en el software CALENER VYP y proceder a su calificación.

Para ello es necesario disponer de información sobre las características de los equipos empleados en estas instalaciones (potencias, rendimientos, caudal impulsado, etc.) y, en algunos casos, de la propia instalación. Por lo tanto, un requisito imprescindible para poder comenzar a introducir los sistemas de climatización es haber realizado previamente el cálculo de cargas térmicas que nos permita seleccionar los equipos adecuados a las necesidades del edificio. estas cargas térmicas ya se calcularon en el apartado 3 de este capítulo y se resumieron en la tabla 22.

Dicha tabla se va volver a indicar seguidamente en la tabla 53 añadiéndole el nombre asignado a cada uno de los espacios al introducir la vivienda unifamiliar en LIDER.

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS

PLANTA	DENOMINACIÓN	TIPO	CARGA REFRIGERACIÓN (W)	CARGA CALEFACCIÓN (W)
PLANTA SÓTANO	P01_E02	Hueco escalera sótano	No habitable	-
	P01_E01	Sótano	No habitable	-
PLANTA BAJA	P02_E07	Despensa	No acondicionado	-
	P02_E06	Salón	Acondicionado	1910
	P02_E08	Cocina	Acondicionado	1564
	P02_E09	Recibidor + escalera	Acondicionado	1271
	P02_E01	Dormitorio 1	Acondicionado	896
	P02_E03	Dormitorio 2	Acondicionado	676
	P02_E05	Dormitorio 3	Acondicionado	731
	P02_E02	Baño 1	Acondicionado	-
	P02_E04	Baño 2	Acondicionado	-
PLANTA PRIMERA	P03_E04	Dormitorio 4	Acondicionado	780
	P03_E01	Estudio	Acondicionado	1570
	P03_E03	Baño 3	Acondicionado	-
	P03_E02	Escalera	Acondicionado	665
TOTAL PB			7048	9057
TOTAL P1			3015	4921

Tabla 53. *Tabla de resultados de las carga térmicas por estancias con la denominación de los espacios definidos en LIDER.*

En el anexo 5 de este proyecto se ha desarrollado una guía de uso para el programa de cálculo CALENER, en el que se definen las características básicas así

como la definición de los tipos de instalaciones que son posibles de introducir al realizar el cálculo de la etiqueta energética de una edificación.

Debido a que en dicho anexo está reflejado con detalle cada uno de esos puntos en este apartado solo indicaremos las características propias de los casos a estudio en la vivienda unifamiliar.

❖ Caso 1. Sistema de ACS

Este caso es el caso más simple que se puede presentar en un edificio; en el que únicamente se define la instalación de ACS. CALENER VYP no nos permite definir un edificio en el que no exista instalación de ACS, mientras que sí es posible definir edificios sin instalación de calefacción y/o refrigeración.

Cuando no se introducen alguna de las instalaciones “optativas”(anexo 5), CALENER nos asigna una instalación por defecto que tiene unos rendimientos muy bajos y que por tanto no nos va a permitir obtener una buena calificación.

Analizaremos en primer lugar la calificación obtenida cuando únicamente introduzcamos el sistema de ACS, de forma que obtendremos las emisiones de CO₂ de las instalaciones asignadas por CALENER y las podremos comparar más adelante con las emisiones obtenidas por las instalaciones que se definirán posteriormente en los otros casos que se van a proponer. Se puede decir que la calificación que se va a conseguir con el estudio de este caso es de las más bajas que la vivienda puede tener.

Para la instalación de generación de ACS, es necesario considerar la aportación mínima de calor solar en la zona climática B3 según indica CTE DB HE-4. En dicha zona es obligatorio, por tanto la instalación tendrá un esquema parecido al que se puede ver en la figura 161.

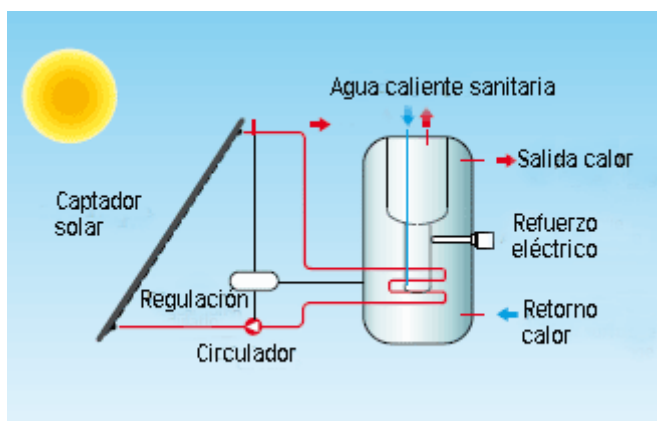


Figura 161. *Esquema básico de una instalación de captadores solares para la generación de ACS.*

El sistema de ACS que vamos a introducir dispondrá de un sistema de apoyo basado en un termo eléctrico de 100 litros y 3kW de potencia. Para el

rendimiento eléctrico se considerará un valor de 1, mientras que para el coeficiente de pérdidas ($Q = U \cdot A$) es necesario hacer algunas consideraciones. Este valor nos lo debería de proporcionar el fabricante del equipo, pero no es habitual que lo haga (sí es más habitual en grandes depósitos de acumulación, por ejemplo en instalaciones solares de grandes características).

Si no disponemos del valor del coeficiente de pérdidas (UA, W/°C) pero se conocen las dimensiones del depósito y las condiciones de funcionamiento, siempre tenemos la posibilidad de obtener dicho valor empleando el software AISLAM, que es un documento reconocido por el RITE y se puede descargar gratuitamente desde la pagina del ministerio de industria. A continuación se incluye una captura de pantalla de ese programa para el caso de cálculo de depósitos verticales.

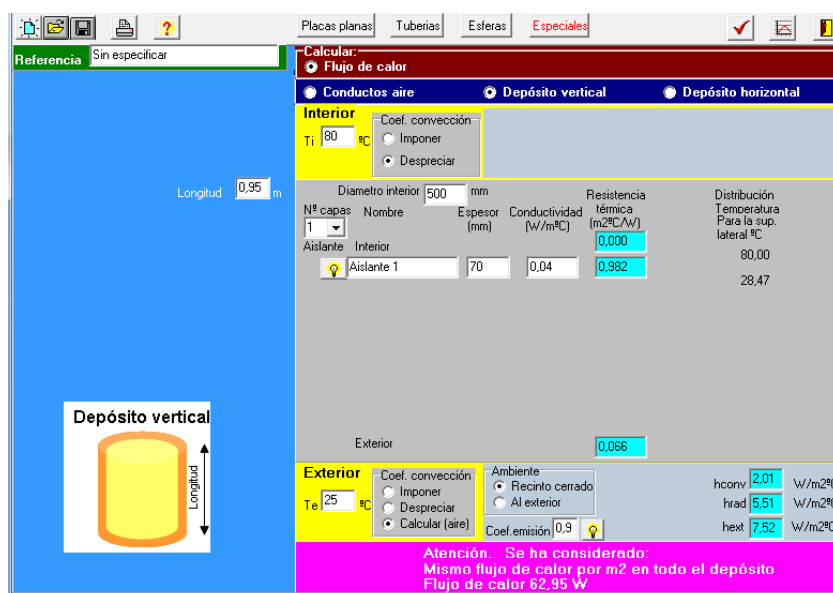


Figura 162. Vista del cálculo del flujo de calor transferido en el depósito de ACS, mediante AISLAM.

A partir del dato que nos ha dado el software AISLAM del flujo de calor ($Q = 61,62 \text{ W}$) y de la diferencia de temperatura entre el agua en el interior del depósito (80°C) y el aire ambiente (25°C) es inmediato obtener el coeficiente de pérdidas:

$$\frac{Q}{(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})} = \frac{62,95}{80^\circ - 25^\circ} = \frac{62,95}{60} = 1.14 \text{ W} / ^\circ\text{C} \quad (31)$$

Que será el valor adoptado en este proyecto, redondeando a la unidad como se puede ver en la figura 166.

Con ello obtendremos todos los datos que necesitamos para definir el sistema elegido para la producción de ACS. El proceso de introducción de los datos se

realizará como a continuación se detalla con las pantallas de visión de CALENER:

- 1) Definimos la demanda de ACS, a partir de la carpeta *Demandas ACS* (figura 163) y la ventana emergente que al añadir un sistema aparece y que se puede ver en la figura 164. En esta figura se ven las características de la instalación:

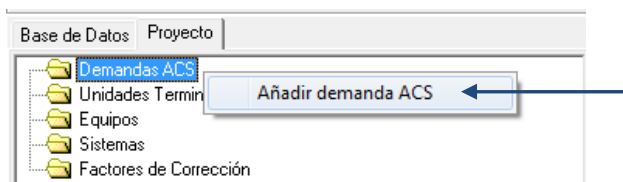


Figura 163. Elección del sistema generación de ACS en CALENER VYP.

Demanda de ACS

Nombre: ACS

Consumo total diario: 0,90 l/(m² día)

Área habitable cubierta: 200,20 m²

Temperatura de utilización: 60 °C

Temperatura del agua de red: 14,7 °C

Aceptar

Introducimos nosotros el Nombre

Residencial unifamiliar: 0.90 l/(m² día)

Se rellena automáticamente a partir de la geometría definida. Se puede modificar si es preciso.

No modificable

Depende de la zona climática. No modificable

Figura 164. Características del sistema generación de ACS en CALENER VYP.

- 2) Ahora introducimos los equipos necesarios. En este caso tendremos que introducir 2 equipos, ya que como se define en el anexo 5, el termo eléctrico se introduce como caldera eléctrica que representa la resistencia eléctrica y como depósito acumulador:
 - a. Para definir la resistencia eléctrica como una caldera eléctrica de ACS; se importará el equipo por defecto y se definirán las características en este caso (figuras 165 y 166):

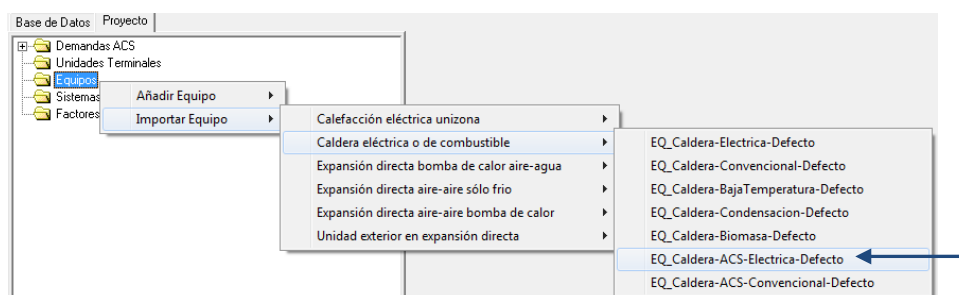


Figura 165. Importación de la caldera del sistema de generación de ACS en CALENER VYP.

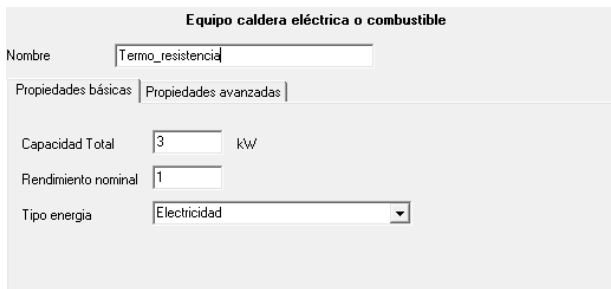


Figura 166. *Características de la caldera del sistema de generación de ACS en CALENER VYP.*

Como se ha indicado en el anexo 5, al importar un equipo en CALENER también se importan las tablas asociadas que vienen por defecto.

- b. El depósito, que se introduce como acumulador, se debe añadir en este caso el equipo con sus características:

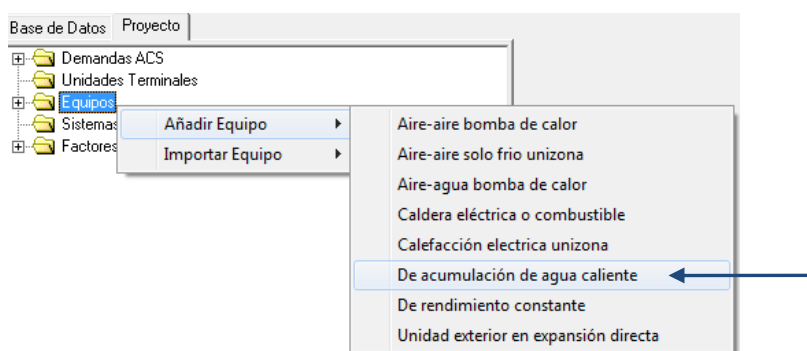


Figura 167. *Añadir el depósito de acumulación del sistema de generación de ACS en CALENER VYP.*

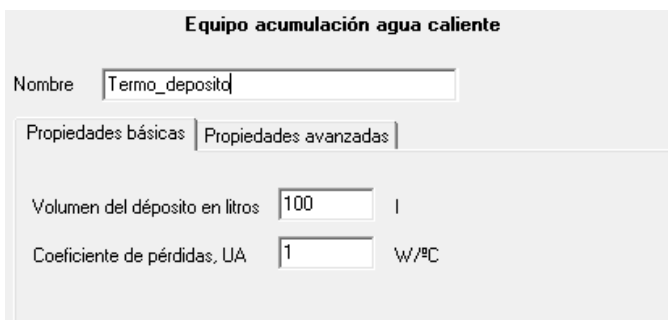


Figura 168. *Características del depósito de acumulación del sistema de generación de ACS en CALENER VYP.*

- 3) Una vez introducidos estos datos se añade el sistema de agua caliente sanitaria (ACS), hasta que no se hace este paso el programa no reconoce que exista generación de ACS:

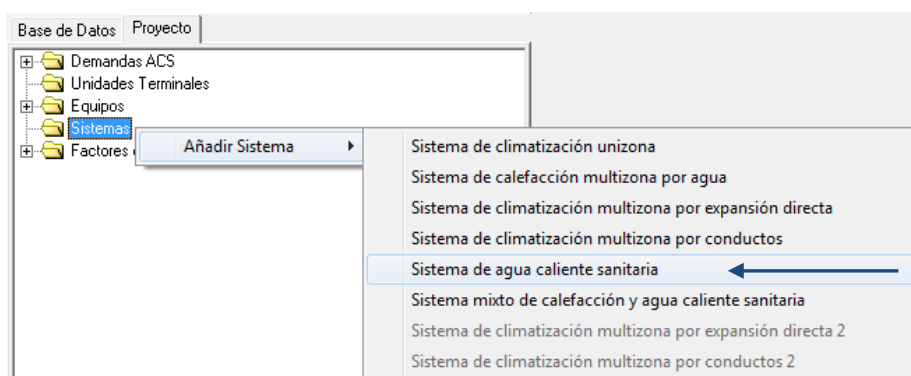


Figura 169. **Definición del sistema de generación de ACS en CALENER VYP.**

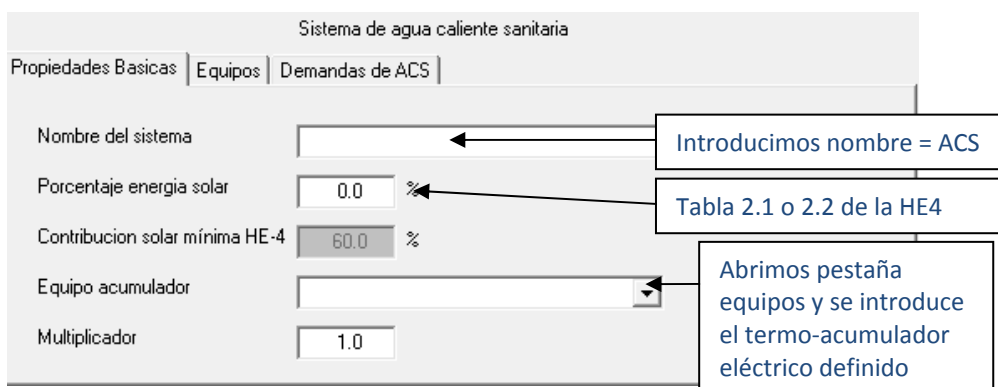


Figura 170. **Características del sistema de generación de ACS en CALENER VYP.**

Al introducir el sistema de ACS, CALENER nos pide información sobre la contribución solar mínima, que debemos tomar de las tablas 2.1 ó 2.2 de la HE4. En nuestro caso, al emplear un sistema de ACS eléctrico debemos tomar los datos de la tabla 2.2., como se ve en la figura 172

En primer lugar hay que definir cuál es la zona climática de Lorca en la Región de Murcia, a partir de las tablas del anexo del DB HE-4

MURCIA	Águilas	V
	Alcantarilla	IV
	Caravaca de la Cruz	V
	Cartagena	IV
	Cieza	V
	Jumilla	V
	Lorca	V
	Molina de Segura	V
	Murcia	IV
	Torre-Pacheco	IV

Figura 171. **Zona climática definida para la contribución solar mínima en Lorca (CTE, DB HE4)**

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Tabla: 54. Contribución solar mínima

Fuente: CTE

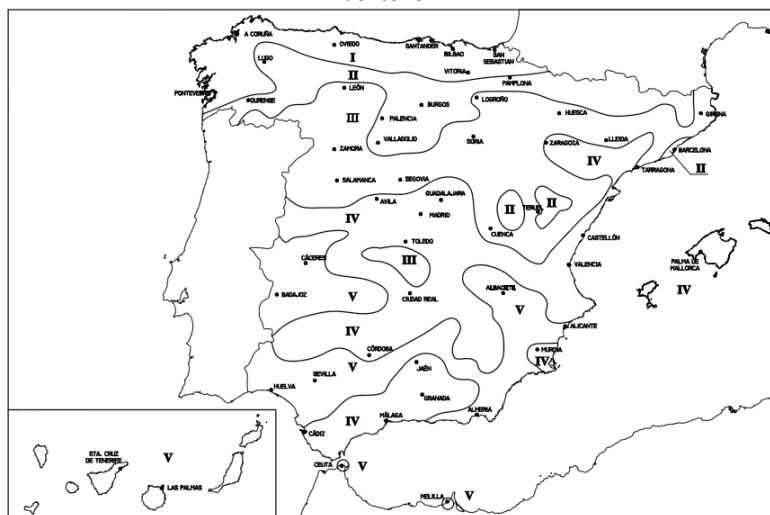


Fig. 3.1. Zonas climáticas

Figura 172. Contribución solar mínima según zonas climáticas del CTE, DB HE-4

Elección del equipo definido para la generación de ACS que ya habíamos definido:

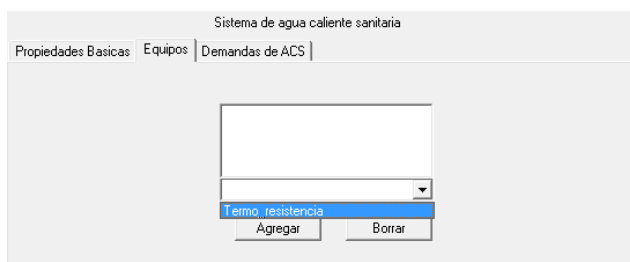


Figura 173. Elección de equipos para el sistema de generación de ACS en CALENER VYP.

Y además elegir la demanda de ACS, que tomará del valor importado del cálculo de LIDER:

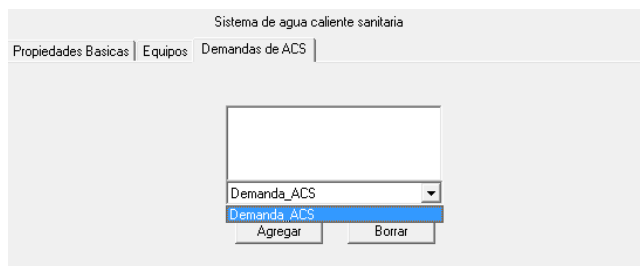


Figura 174. *Elección de la demanda de ACS para el sistema de generación de ACS en CALENER VYP.*

El proyecto quedará definido únicamente con el sistema de demanda energética y el árbol que quedará definido en el programa de cálculo CALENER quedará como el que se puede ver en la figura 175.

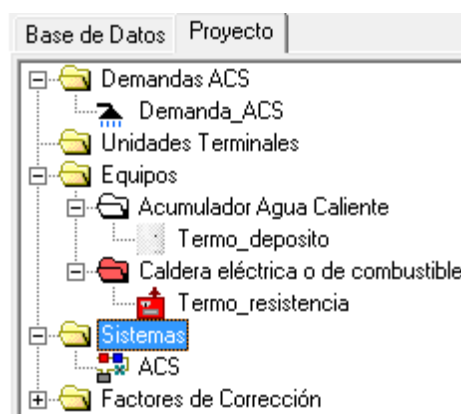


Figura 175. *Vista del árbol de proyecto para un sistema de generación de ACS en CALENER VYP.*

4) Resultados del cálculo de la calificación energética:

Una vez hemos insertado el sistema ACS, únicamente debemos de darle al botón calcular obteniendo un informe con todas las características del proyecto el cual se puede ver en el anexo 6 de este proyecto, además de la etiqueta energética de la figura 176.

En estos resultados se puede ver cuáles son los datos generados por un edificio de referencia que tiene las características básicas para sistemas de referencia en comparación con el edificio objeto.

La calificación obtenida por la vivienda unifamiliar es una calificación E, igual a la del edificio objeto pero con un valor inferior de

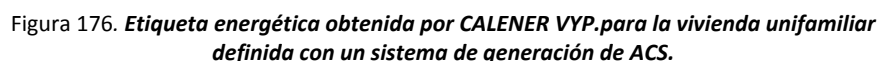


Tabla 55. *Datos obtenidos de Lider para la etiqueta energética de la vivienda unifamiliar con un sistema de generación mediante termo-acumulador eléctrico de ACS.*

218



Para un sistema de este tipo necesitamos definir, además de la demanda de ACS, las características de la caldera y de las unidades terminales, que en este caso serán unidades terminales de agua caliente (radiadores).

La caldera deberá ser una caldera mixta, capaz de proporcionar tanto ACS como calefacción.

Este tipo de calderas pueden ser instantáneas (producen al ACS en el momento en que se produce la demanda), con acumulación o con micro-acumulación. Estas 2 últimas opciones se emplean principalmente para proporcionar mayor confort durante el consumo de agua caliente pero no aportan mayor rendimiento y lógicamente encarecen el coste de la instalación. Supondremos en nuestro caso que emplearemos una caldera mixta instantánea.

A continuación se presenta, en las figuras 177 y 179, las tablas de características de las calderas y radiadores que se van a elegir para el proyecto extraídas del catálogo del fabricante Saunier Duval, utilizando su modelo: Thermaclassic

MODELOS	Tipo Producción	Cámara Combustión	Pot. Útil (kW-kcal/h)	Rendimiento Pot. Máx. (%)	Precio Tarifa (€)	Gas
<u>C 25 E</u>	Mixta instantanea	Atmosferica	24,60 (21.150)	91,50	1.276,00	Nat.
<u>C 25 E</u>	Mixta instantanea	Atmosferica	24,60 (21.150)	91,50	1.276,00	But.
<u>C AS 25 E</u>	Solo Calefaccion	Atmosferica	24,60 (21.150)	91,50	1.231,00	Nat.
<u>F 25 E</u>	Mixta instantanea	Estanca	24,60 (21.150)	92,70	1.561,00	Nat.
<u>F 25 E</u>	Mixta instantanea	Estanca	24,60 (21.150)	92,70	1.561,00	But.
<u>F AS 25 E</u>	Solo Calefaccion	Estanca	23,60 (21.150)	92,70	1.467,00	Nat.
<u>F AS 25 E</u>	Solo Calefaccion	Estanca	23,60 (21.150)	92,70	1.467,00	But.
<u>F AS 30</u>	Solo Calefaccion	Estanca	29,60 (25.450)	91,00	1.771,00	Nat.

Figura 177. Catálogo de modelos de calderas

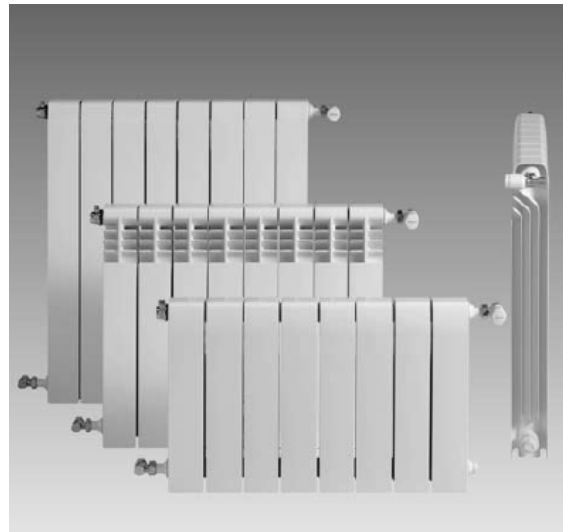


Figura 178. *Radiador escogido para la vivienda unifamiliar.*

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h				Exponente "n" de la curva característica	
	A	B	C	D			Frontal	aberturas	Frontal plano		Frontal aberturas	Frontal plano
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,45	84,9	71,3	86,7	70,5	1,30	1,29
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	112,8	79,5	108,7	76,2	1,35	1,35
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	147,7	103,9	142,6	99,0	1,35	1,34
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	170,9	119,1	165,7	113,7	1,34	1,34
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	189,9	133,7	184,0	127,9	1,33	1,34

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ (A título informativo)

(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para $\Delta t = 50^\circ\text{C}$

$\Delta t = (T. \text{media radiador} - T. \text{ambiente})$ en $^\circ\text{C}$

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

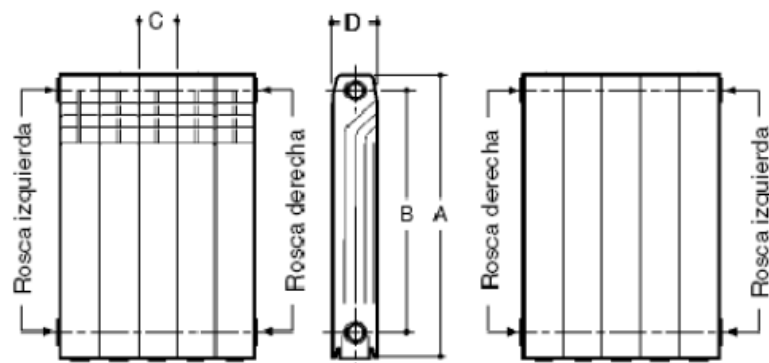


Figura 179. *Dimensiones y características técnicas del radiador*

A partir de las características de los radiadores y del cálculo de cargas térmicas seleccionamos el modelo de radiador (tabla 56) y el nº de elementos a instalar en cada espacio. Lo cual se presenta en la tabla resumen más abajo indicada (tabla 57).

Modelo	P (Kcal/h)	P (W)
DUBAL 30	86.7	100.668333
DUBAL 45	108.7	126.212778
DUBAL 60	142.6	165.574444
DUBAL 70	165.7	192.396111
DUBAL 80	184	231.644444

Tabla 56. *Modelo de radiadores.*

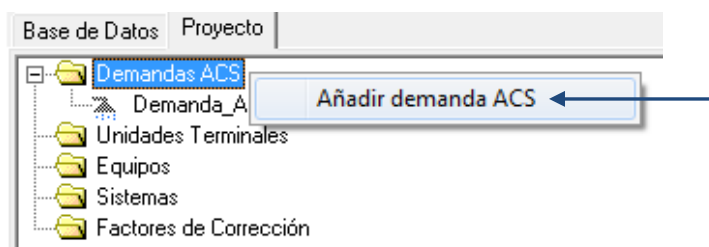
PLANTA	DENOMINACIÓN	TIPO	CARGA REFRIGERACIÓN (W)	CARGA CALEFACCIÓN (W)	NUMERO DE ELEMENTOS RADIADORES (DUBAL 70)	POTENCIA INSTALADA
P.B.	P01_E02	Hueco escalera sótano	No habitable	-	-	-
	P01_E01	Sótano	No habitable	-	-	-
PLANTA PRIMERA	P02_E07	Despensa	No acondicionado	-	-	-
	P02_E06	Salón	Acondicionado	1910	1900	9,875773169
	P02_E08	Cocina	Acondicionado	1564	1682	8,742658142
	P02_E09	Recibidor + escalera	Acondicionado	1271	1572	6,606162637
	P02_E01	Dormitorio 1	Acondicionado	896	1279	6,647743519
	P02_E03	Dormitorio 2	Acondicionado	676	656	3,409632329
	P02_E05	Dormitorio 3	Acondicionado	731	966	5,020891509
	P02_E02	Baño 1	Acondicionado	-	466	-
	P02_E04	Baño 2	Acondicionado	-	536	-
	P03_E04	Dormitorio 4	Acondicionado	780	1021	5,306760073
P. SEGUNDA	P03_E01	Estudio	Acondicionado	1570	2048	10,64470581
	P03_E03	Baño 3	Acondicionado	-	565	-
	P03_E02	Escalera	Acondicionado	665	1287	6,689324401
	TOTAL PB		7048	9057		
	TOTAL P1		3015	4921		

Tabla 57. *Potencias y número de radiadores para cada área.*

Con ello tendremos todos los datos que necesitamos para definir el sistema mixto de calefacción + ACS e introducirlos en el programa de cálculo.

El proceso será el descrito a continuación:

1. Definimos la demanda de ACS:

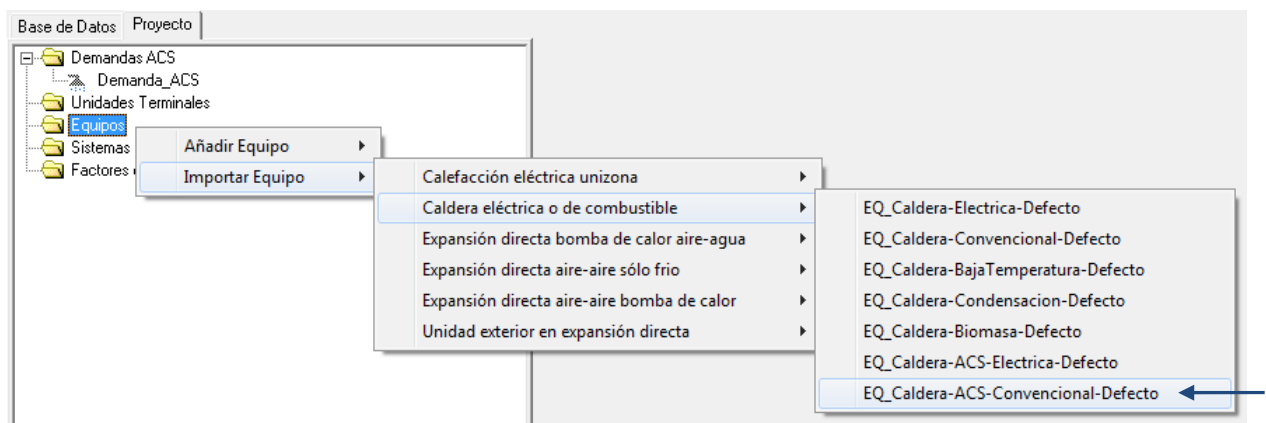


Demanda de ACS

Nombre	<input type="text" value="Demanda_ACS"/>	
Consumo total diario	<input type="text" value="0,90"/>	l/(m² día)
Área habitable cubierta	<input type="text" value="128,00"/>	m²
Temperatura de utilización	<input type="text" value="60,0"/>	°C
Temperatura del agua de red	<input type="text" value="14,6"/>	°C

Figura 180. *Elección y características del sistema generación de ACS en CALENER VYP.*

- Introducimos los equipos (en este caso un único equipo, caldera mixta de calefacción + ACS):



Equipo caldera eléctrica o combustible

Nombre	<input type="text" value="CALDERA"/>	
Propiedades básicas Propiedades avanzadas		
Capacidad Total	<input type="text" value="24,6"/>	kW
Rendimiento nominal	<input type="text" value="0,90"/>	
Tipo energía	<input type="text" value="Gas Natural"/>	

Figura 181. *Elección de equipo para el sistema de generación de ACS en CALENER VYP*

- Introducimos las unidades terminales (radiadores; uno para cada espacio climatizado):

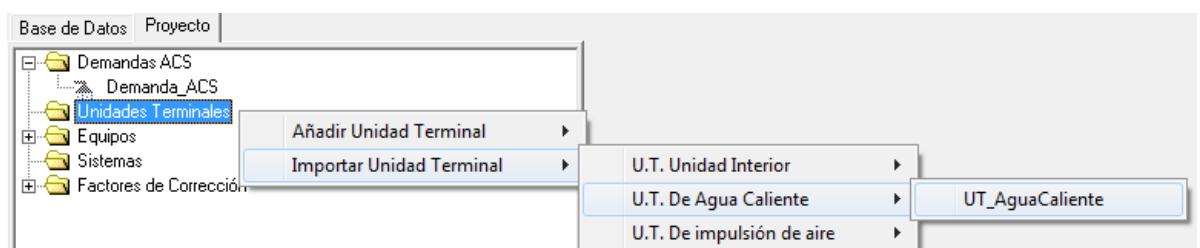


Figura 182. *Añadimos radiadores a cada espacio climatizado.*

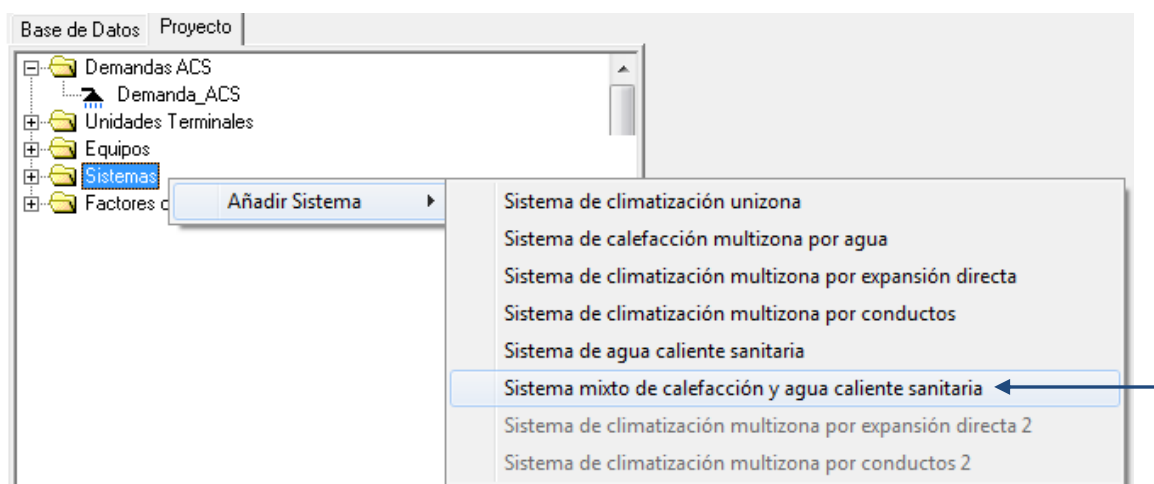


Figura 183. *Introducimos el sistema de calefacción y ACS.*

4. Resultados del cálculo de la calificación energética:

Cuando introducimos toda la información del sistema y calificamos este edificio obtenemos los siguientes resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<5.1 A						
5.1-9.8 B						
9.8-16.5 C						
16.5-26.5 D	18.2 D			26.2 D		
>26.5 E						
F						
G						
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39.8	7967.9	E	52.3	10470.4
Demanda refrigeración	C	14.6	2922.9	D	18.1	3623.6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	10.9	2182.2	E	16.7	3343.3
Emisiones CO ₂ refrigeración	D	5.6	1121.1	E	6.9	1381.4
Emisiones CO ₂ ACS	A	1.7	340.3	D	2.6	520.5
Emisiones CO ₂ totales			3643.6			5245.2

Figura 184. *Etiqueta energética obtenida por CALENER VYP para la vivienda unifamiliar definida con un sistema de generación de ACS y Calefacción por radiadores.*



Los datos de consumo y emisiones globales obtenidos para la etiqueta de eficiencia energética son los presentados en la tabla siguiente comparándolos con el edificio de referencia que genera el programa de cálculo.

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	67,1	13431,4	93,0	18612,8
Consumo energía primaria (kWh)	82,2	16453,0	115,0	23015,3
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	18,2	3643,6	26,2	5245,2

Tabla 58. *Consumo y emisiones de edificio objeto y edificio de referencia.*

❖ Caso 3. Sistema mixto de calefacción + ACS con bomba de calor geotérmica

El estudio de este caso es diferente a los otros dos anteriores, ya que el programa de cálculo CALENER, no es capaz de reconocer sistema de climatización con bombas geotérmicas por lo que es necesario utilizar otros dos programas para conseguir la calificación energética. Estos dos programas son PostCALENER e ICE (CAPACIDAD ADICIONAL de APLICACIÓN DE LAS BOMBAS DE CALOR GEOTERMICAS). Con estos dos programas se puede calificar una instalación geotérmica, pero partiendo de un fichero inicial en CALENER.

En primer lugar generamos el Archivo en CALENER como en el caso 2, pero utilizando unos sistemas de calefacción y refrigeración a rendimiento constante. Esos rendimientos constantes, serán los rendimientos estacionales (COP) en los sistemas de climatización.

El rendimiento estacional del sistema en calefacción es de 5,08 y en refrigeración de 4,61. Este rendimiento estacional se ha obtenido a partir de la demanda energética de calefacción y refrigeración y del consumo eléctrico debido a la maquinaria utilizada para poder soportar esta demanda. Ambos datos se obtiene en los cálculos realizados en los apartados anteriores.

A partir de ahora se utilizarán los otros programas de cálculo hasta la obtención de la calificación energética. Se comenzará con PostCALENER y una vez generado el fichero correspondiente se abrirá en ICE.



A. Introducción de datos en Post-CALENER



PostCALENER

El software PostCALENER se puede descargar gratuitamente al igual que CALENER VyP y CALENER GT de la página web del ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

La simulación con postCALENER se inicia abriendo el archivo generado con el programa CALENER VyP calculado anteriormente como ya se ha comentado. Solo podremos modificar el rendimiento del sistema que hemos calculado con CALENER VyP si hemos introducido un sistema de rendimiento constante, tanto para la producción de frío como de calor.

Una vez abierto el proyecto, se deben de desactivar los elementos que realmente no existen en la sección de componentes originales. Estos son, la caldera del sistema mixto para calefacción y ACS. Una vez desactivados los componentes, creamos los necesario para el proyecto, para ello clicamos en la sección de componentes originales, los cuales sustituirán a los que hemos desactivado.

Para definir estos nuevos componentes será necesario introducir una serie de datos como son los consumos reales. Estos se calculan a partir de los consumos específicos y conociendo el consumo de calor de nuestro edificio, los cuales se han calculado anteriormente; y así introducir los valores necesario del consumo de energía.

Una vez introducidos estos valores ya es posible realizar la simulación con PostCALENER el cual generará un archivo que podrá ser abierto en el siguiente programa de cálculo ICE, para posteriormente con los datos obtenidos volver a introducirlos en postCALENER y así obtener la información de la calificación energética.

B. Introducción de datos en ICE (CAPACIDAD ADICIONAL de APLICACIÓN DE LAS BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS)



Figura 185. Inicio del programa ICE

Una vez calculado el sistema de la vivienda en postCALENER se abrirá este fichero generado, en el software ICE y una vez cargado en el programa de energía geotérmica se terminarán de insertar los datos necesarios para el cálculo y que se describirán a continuación.

IMPORTANTE: El programa “ICE” lo debemos de instalar dentro de una carpeta con el mismo nombre. El archivo proveniente del PostCalener (*.csv) deberá guardarse en dicha carpeta con el nombre de **datos.csv** para que el programa pueda leerlo.

1- Tipo de intercambiador.

En primer lugar deberemos elegir el tipo de intercambiador de la instalación de geotermia dentro de las 6 posibilidades que te ofrece el programa ICE. Nosotros en este proyecto utilizaremos la única que tiene sonda vertical.

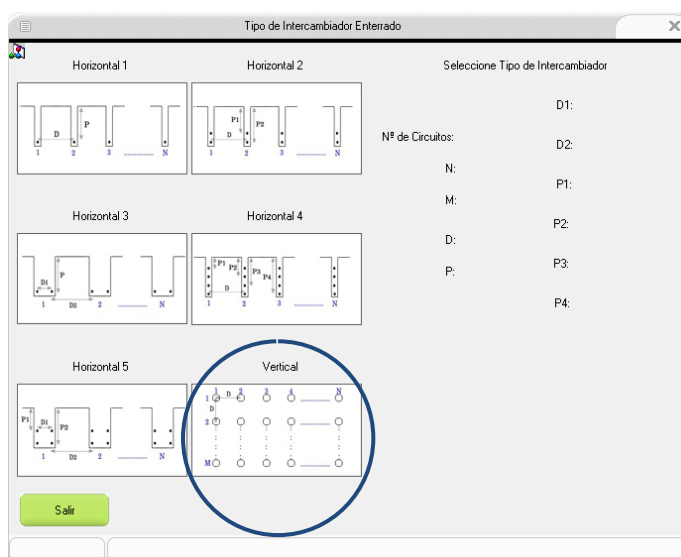


Figura 186. Elección del tipo de intercambiador vertical

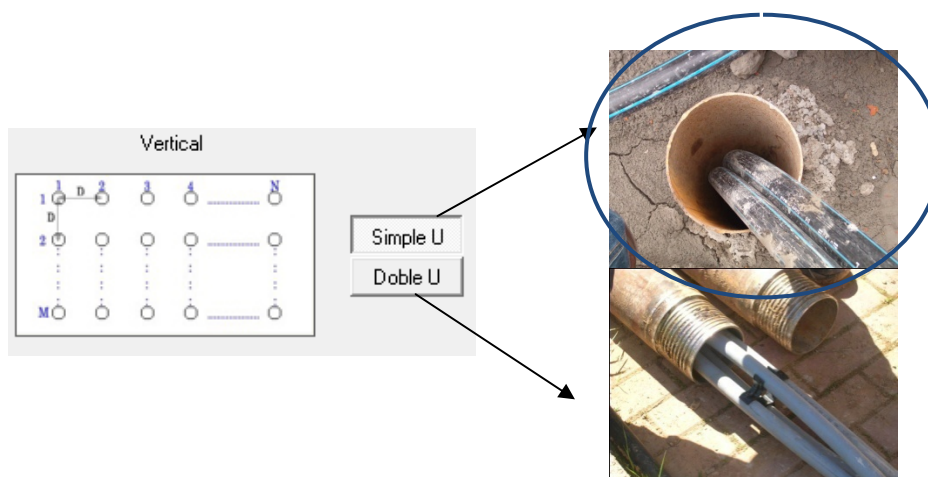


Figura 187. Elección de sonda simple



En este proyecto se ha decidido instalar dos sondas simples separadas 7 metros entre sí, tal y como se calculo en el apartado 5.5, por lo tanto, se selecciona en el cuadro de el tipo de intercambiador de “simple U” como podemos ver en la figura número 187.

		Descripción	Opción
Intercambiador Horizontal	Nº de circuitos	Número de circuitos existentes en el sistema geotérmico.	Todas
	N	Número de zanjas por las que discurre el intercambiador enterrado	Todas
	D	Distancia entre zanjas en metros.	Horizontal 1 Horizontal 2 Horizontal 4
	P	Profundidad del intercambiador geotérmico en metros.	Horizontal 1 Horizontal 2
	D1	Distancia entre líneas de intercambiador dentro de una misma zanja en metros.	Horizontal 3 Horizontal 5
	D2	Distancia entre zanjas en metros	Horizontal 3 Horizontal 5
	P1	Profundidad de la primera capa del intercambiador geotérmico en metros.	Horizontal 2 Horizontal 4 Horizontal 5
	P2	Profundidad de la segunda capa del intercambiador geotérmico en metros.	Horizontal 2 Horizontal 4 Horizontal 5
	P3	Profundidad de la tercera capa del intercambiador geotérmico en metros.	Horizontal 4
	P4	Profundidad de la cuarta capa del intercambiador geotérmico en metros.	Horizontal 4
Intercambiador Vertical	Nº de circuitos	Número de circuitos existentes en el sistema geotérmico.	
	N	Número de intercambiadores verticales en una fila	
	M	Número de filas de intercambiadores verticales	
	D	Distancia entre intercambiadores verticales en metros	
	Simple U	Tipo de tubería (una única sonda por sondeo vertical)	
	Doble U	Tipo de tubería (dos sondas por sondeo vertical)	

Figura 188. Descripción de cada número de circuito

Según el tipo de sonda, vertical u horizontal el programa te permite rellenar más o menos datos. En este caso al ser un intercambiador vertical solo nos pide el Número de circuitos existentes en el sistema geotérmico, el número de zanjas por las que discurre el intercambiador y la distancia entre zanjas.

El número de circuitos serán dos, uno con la letra N y otro con la letra M y la distancia que separa los dos circuitos es 7 metros, como podemos ver en la figura 189.

Un vez definido el intercambiador se pulsa el botón para acceder a la pantalla de datos de entrada.

Intercambiador Vertical

Nº de Circuitos:	2	D1:	
N:	1	D2:	
M:	1	P1:	
D:	7	P2:	
P:		P3:	
		P4:	

Figura 189. *Características de nuestro intercambiador vertical*

2- Datos de entrada.

En este apartado se configurarán los datos relacionados con el archivo de entrada de PostCALENER, la zona climática, tuberías, cargas térmicas, bomba de calor, etc.

☐ Importar Archivo Demanda

En primer lugar se cargará el archivo de datos de PostCALENER (datos.csv). Para cargar el archivo de postCALENER debemos de clicar en el recuadro verde y seleccionar el archivo datos.csv metido en la carpeta ICE .

Posteriormente se rellenarán todas las casillas con los datos de la instalación. Comenzando con los siguientes datos generales.

Datos Generales

Ciudad: Murcia
Murcia
Melilla
Orense
Oviedo

Figura 190. *Datos generales - Ciudad*

En el perfil geológico que tenemos en la zona según el mapa geológico Hoja:975 (figura 71), el tipo de suelo está compuesto por: gravas, arenas y limos.

Tipo de suelo: Grava
Grava
Granodiorito
Hielo

Figura 191. *Tipo de suelo*



Si se quiere modificar algún dato del intercambiador enterrado se podrá volver a la pantalla pulsando el botón de **ATRÁS**. En todo momento se podrá abandonar el programa con accionando la tecla **SALIR**.

En los siguientes pasos se introducen:

- Las características de la tubería ya calculada en la memoria geotérmica (apartado 5.5).

Datos de la Tubería	
Material:	Polietileno PE50A
Diametro Nominal:	1 1/4 Pulgadas

Figura 192. *Datos de la tubería*

- Carga máxima en calefacción y carga máxima en refrigeración, también calculadas (apartado 5.3):

Carga Térmica del Edificio	
Máxima Carga en Calefacción:	13,98 kW
Máxima Carga en Refrigeración:	8,5 kW

Figura 193. *Carga térmica del edificio*

- Las características de la bomba de calor geotérmica

Bomba de Calor	
Tipos de Bomba: Curvas Calener	
Modo Calor:	
Capacidad Calorífica:	30 kW
Potencia Eléctrica Consumida:	8,2 kW
Longitud del Colector Geotérmico:	230 m
Flujo Volumétrico:	4,6 m3/h
Modo Frio:	
Capacidad Frigorífica:	23,8 kW
Potencia Eléctrica Consumida:	7,3 kW
Temperatura de Distribución Interior en Calefacción:	35 °C
Temperatura de Distribución Interior en Refrigeración:	7 °C
ACS:	Si No

Figura 194. *Características de la bomba de calor*

Una vez introducidos todos los datos, clicamos la opción "calcular" y nos aparecerá un cuadro de resultados (figura 195) y se aprieta el icono de Word en dicha pantalla, el programa nos genera un pequeño informe como el que aparece en la figura 200.

Figura 195. *Resultados de cálculo*

Documento para adjuntar al certificado energético					
Tipo de intercambiador enterrado:					
Tipo de sistema: Vertical					
<hr/>					
Nº Circuitos	2				
Geometría perforaciones					
N	1	D1(m)		P1(m)	
M	1	D2(m)		P2(m)	
D	7			P3(m)	
P				P4(m)	
DATOS ENTRADA					
DATOS GENERALES					
Ciudad	Murcia			Tipo Suelo	Grava
DATOS TUBERÍA					
Material	Polietileno PE50A		Diámetro Nominal (pulgadas)	1 1/4	
CARGA TÉRMICA DEL EDIFICIO					
Max carga calefacción (kW)	13,98		Max carga en refrigeración (kW)	8,5	
BOMBA DE CALOR					
Modo Calor			Modo Frío		
Capacidad Calorífica (kW)	30		Capacidad Frigorífica (kW)	23,8	
Potencia eléctrica consumida (kW)	8,2		Potencia eléctrica consumida (kW)	7,3	
<hr/>					
Longitud colector geotérmico (m)	230	Tª Distribución interior Calefacción (°C)		35	



Flujo volumétrico (m ³ /h)	4,6	Tª Distribución interior Refrigeración (°C)	7
---------------------------------------	-----	---	---

RESULTADOS						
MESES	DEMANDA (kW)			CONSUMO (kW)		
	Calefacción	Refrigeración	ACS	Calefacción	Refrigeración	ACS
Enero	5263,61	38,06	77,85	1782,21	9,36	26,36
Febrero	3696,13	8,09	70,88	1251,47	1,99	24
Marzo	2261,15	361,12	77,84	765,6	88,81	26,36
Abril	1470,34	496,72	70,76	497,84	122,15	23,96
Mayo	393,53	1426,48	77,84	133,25	350,8	26,36
Junio	39,13	2882,09	74,3	13,25	708,76	25,16
Julio	0	4864,51	77,84	0	1196,28	26,36
Agosto	0	0	0	0	0	0
Septiembre	89,39	2798,29	70,76	30,27	688,16	23,96
Octubre	1117,92	362,58	75,76	378,52	89,17	25,65
Noviembre	3216,39	6,88	74,3	1089,04	1,69	25,16
Diciembre	4634,45	35,64	67,22	1569,18	8,77	22,76
TOTAL	22182,04	13280,45	815,36	7510,62	3265,93	276,07

OTROS						
Características del terreno utilizado:						
k(w/mk)		Cp(Mj/Km ³)				

DATOS JUSTIFICATIVOS						
Se debe aportar la justificación de los siguiente datos:						

Figura 196. Documento para adjuntar a la certificación energética del edificio.

Además de este informe el programa ICE genera un archivo para cargarlo nuevamente cargarlo en PostCALENER y calcular así la certificación energética con el sistema de geotermia incorporado.

El resultado de dicho cálculo son los presentados a continuación obteniendo una clasificación energética de tipo C, con este sistema de climatización. Superior a las obtenidas en los dos casos anteriores.



5.7.2. COMPARATIVA ENTRE LOS TRES SISTEMAS ESTUDIADOS.

Una vez estudiada la vivienda con tres tipos de sistemas diferentes:

- Sistema de agua caliente sanitaria con aporte de energía solar y apoyo con termo eléctrico.
- Sistema mixto de ACS más calefacción. con caldera mixta de gas natural.
- Sistema mixto de ACS con calefacción con bomba de calor geotérmica.

Se va a realizar el estudio de los resultados obtenidos.

En primer lugar se van a tener en cuenta cuales son las demandas de energía tanto para calefacción como para refrigeración calculadas son las que se presentan en el grafico abajo indicado. Estas demandas permanecen constantes para los tres sistemas ya que son las necesidades a cubrir en el edificio en este caso la vivienda unifamiliar presentada independiente de las instalaciones diseñadas para ello.

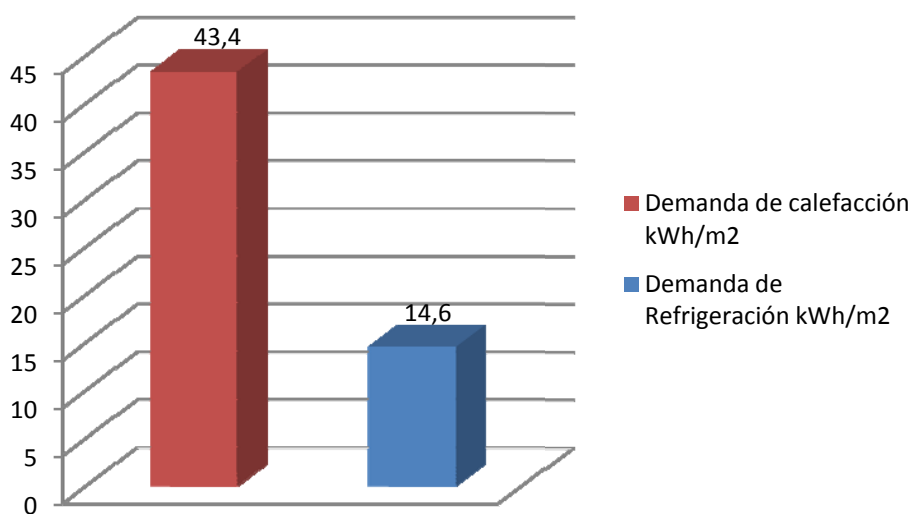


Figura 198. *Demanda de energía en kWh/m².*

Como se puede observar la demanda de calefacción es mayor que la de refrigeración en la vivienda y por esa razón también el proyecto se ha dirigido a cubrir específicamente esta demanda dejando el sistema de refrigeración por defecto en el cálculo.

Cuando introducimos toda la información de los sistemas y calificamos, obtenemos diferentes tipos de resultados algunos de los cuales, los más representativos, se mostrarán a continuación y se comentarán de forma independiente.



Si se estudian las emisiones producidas por CO₂ para cubrir las diferentes necesidades podemos observar (figura 199), como las emisiones van unidas al tipo de sistema a utilizar para cubrir la demanda.

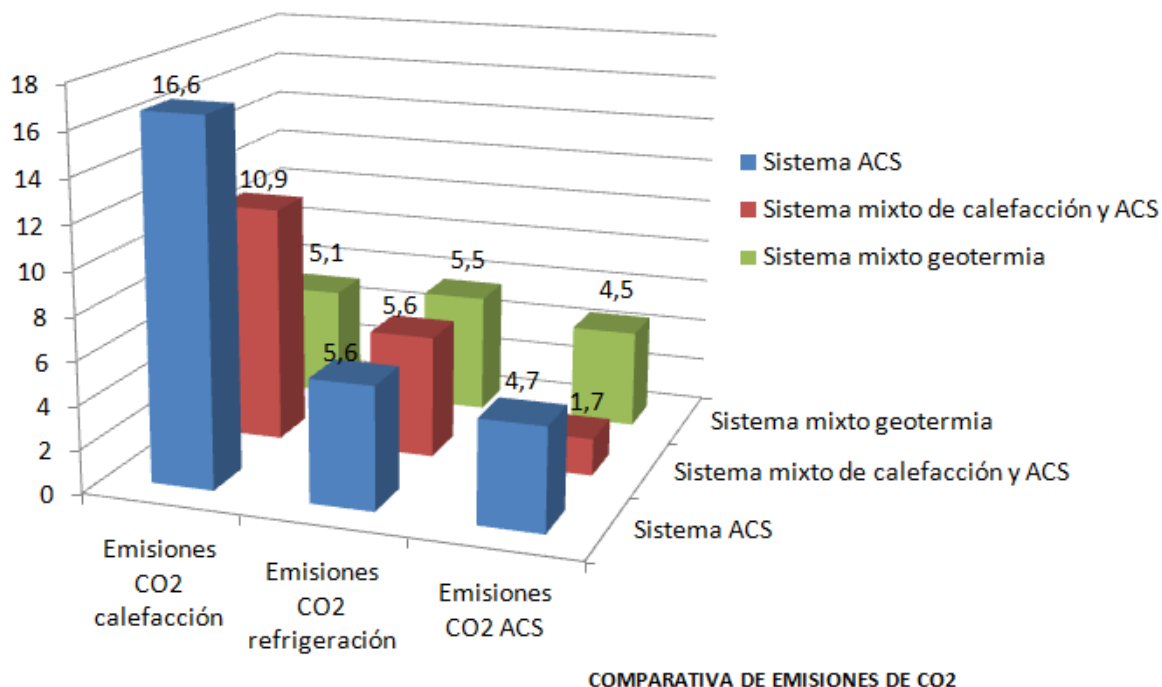


Figura 199. **Comparativa de emisiones de CO₂ en KgCO₂/m².**

En el primer caso, sólo instalamos el sistema de agua caliente sanitaria, que es el único que exige insertar el programa CALENER para poder calcular, y lo mínimo que exige la normativa actual a colocar en un edificio de nueva construcción.

Utilizando únicamente este sistema, las emisiones tienen un valor muy elevado ya que el programa por sí solo ha insertado por defecto los sistemas necesarios de calefacción y refrigeración que son imprescindibles en cualquier vivienda para tener un mínimo de confort. Estos equipos de calefacción y refrigeración instalados por el programa son en poco eficientes en comparación con otros.

Las emisiones de CO₂, observando el segundo caso han disminuido considerablemente en el segundo caso al insertar un sistema mixto de calefacción y ACS con gas natural. Las emisiones que más se ven favorecidas son las de generadas por la demanda de ACS, disminuyendo también cierto grado las de calefacción.

Por último, al instalar el sistema mixto de calefacción y ACS con bomba de calor geotérmica, al ser este sistema más eficiente que el resto, las cantidades de CO₂ disminuyen aun más en calefacción, como podemos ver en las barras de la figura 199 coloreadas en verde. Aunque en ACS aumentan con respecto al caso anterior, esto es debido a que el programa no es capaz de interpretar el aporte de



geotérmica y de energía solar térmica. Por lo que toma la situación más desfavorable que es la de la energía solar térmica.

Existen emisiones de CO₂ para refrigeración en todos los caso, aunque no se ha instalado ningún sistema de refrigeración, estas emisiones se producen ya que cuando no se define un sistema asignara uno por defecto como ya se ha comentado anteriormente, y por esa razón también permanecen constante en las tres calificaciones

Si ahora se estudian los valores de consumo de energía final y de energía primaria (figura 200) en los tres casos a estudio podemos ver como los consumos van disminuyendo conforme mejoramos los equipos de abastecimiento, así pues, el sistema mixto de agua caliente sanitaria y calefacción por geotermia mejora de la situación de partida en ambos términos.

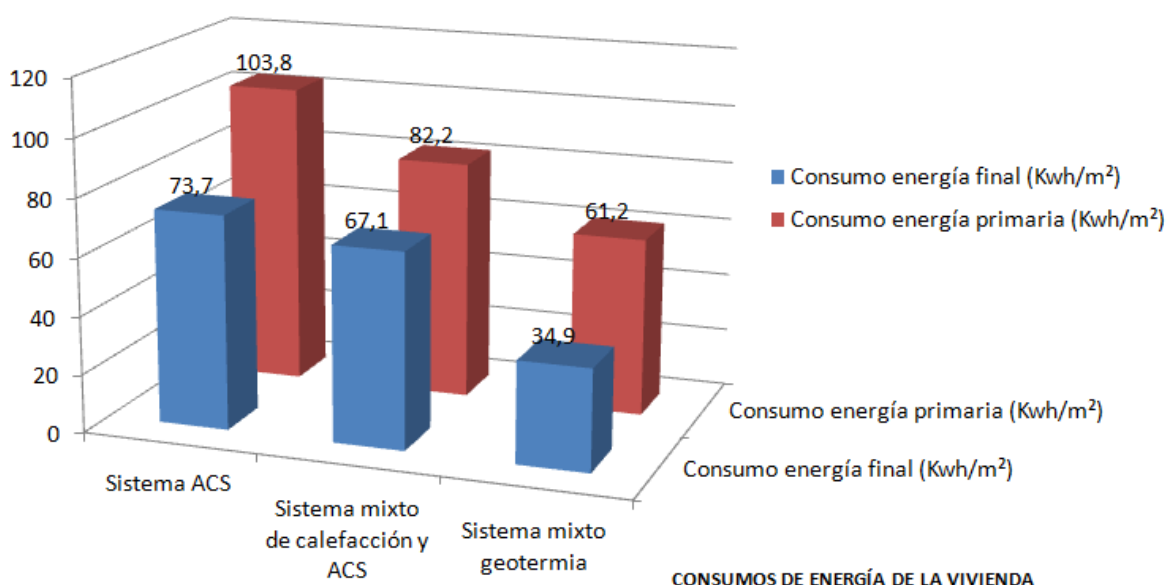


Figura 200. **Comparativa de consumo de energía final y primaria de nuestro edificio en KWh.**

En términos globales y teniendo en cuentas los valores obtenidos con las tres calificaciones, se debe indicar que la calificación energética de la instalación puesta en estudio, sistema con bomba de calor geotérmica, mejora la clase energética en dos escalones con respecto a una vivienda inicial en condiciones estándar de cumplimiento de la normativa, pasando de una clase E con 26,9 kgCO₂/m² para una instalación solar fototérmica para cubrir las necesidades de ACS, a una clase C con 16,1 kgCO₂/m² con un sistema de bomba de calor geotérmica.

A partir de los datos globales para la creación de las etiquetas (tablas 57, 58 y 59) se puede decir que un sistema mixto de calefacción y ACS con caldera de gas supone una disminución de 32% de emisiones de CO₂ y con un bomba de calor geotérmica supone un 43,8% de disminución. Mientras que en términos de energía final consumida anual el sistema de bomba de calor geotérmica supone



un ahorro del 52,7% frente a una instalación básica de energía solar fototérmica de ACS. Esto hace pensar que una a pesar de suponer una inversión inicial mucho más costosa en pocos años puede llegar a ser muy rentable.

5.8. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

En este apartado solo se va a realizar la medición y presupuesto de la instalación con el sistema de bomba de calor geotérmica, la cual supondría la diferencia con el presupuesto de la vivienda unifamiliar que debería llevar una instalación de ACS fotoérmica según marca la normativa. Este cálculo se ha realizado con el programa PRESTO, cuyo resultado se muestra en la páginas siguientes.

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE GEOTERMIA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAPITULO Nº 1 INSTALACIÓN DEL INTERCAMBIADOR									
1.01	ud DESPLAZAMIENTO DE EQUIPO								
	Desplazamiento, implantación y retirada de un equipo de perforación geotérmica.								
	Transporte de equipo de perforación	1					1,00		
							1,00	950,00	950,00
1.02	m PERFORACIÓN DE POZOS GEOTERMIA								
	Perforación por rotoperCUSión directa de 152 mm. de diámetro e introducción de sonda geotérmica. Con maquinaria que permita desarrollar una fuerza de empuje de 200 KN para perforación simultánea de camisa y sondeo por rotoperCUSión para evitar el colapso de la perforación en suelos de dureza blanda. Incluida prueba de presión y estanqueidad de las sondas.								
	Perforación en pozos	2	115,00				230,00		
							230,00	35,00	8.050,00
1.03	m SONDA GEOTERMICA								
	De suministro de sonda geotérmica tipo simple 115 metros, de polietileno reticulado a alta presión DN40 PN16. Incluido peso para sonda y tubo de inyección de 32 mm.								
	Introducción de sonda en pozos	2	540,00				1.080,00		
							1.080,00	2,00	2.160,00
1.04	m INYECCIÓN LECHADA								
	Preparación con mezcladora e inyección con lechada de cemento-bentonita hasta una tasa de 15kg/m, considerando transporte de los materiales con camión de 25 t., a una distancia media de 10 km. . Incluido mano de obra								
	Inyección de lechada en pozos	2	115,00				230,00		
							230,00	5,00	1.150,00
1.05	ud PRUEBA DE ESTANQUEIDAD								
	Prueba de estanqueidad de sonda.								
	Prueba de estanqueidad de pozos	2					2,00		
							2,00	50,00	100,00
TOTAL CAPÍTULO CAPITULO Nº 1 INSTALACIÓN DEL INTERCAMBIADOR.....									12.410,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE GEOTERMIA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAPITULO Nº 2 CONEXIÓN INTERCAMBIADOR - SALA DE MÁQUINAS									
2.01	m³ EXCAVACIÓN Y TAPADO DE ZANJAS Excavación en zanja en cualquier clase de terreno incluida la roca compacta, incluso demolición del pavimento existente, entibación, agotamiento, rasante, nivelación y compactación del fondo resultante de la excavación, retirada del material sobrante de la misma a acopio en obra y ayuda manual en zonas de difícil acceso. Lecho de arena de 10 cm de espesor, cubrición de los tubos con arena, relleno de la zanja con el material de la propia excavación y colocación de cinta de señalización a 30 cm de los tubos.								
	Zanjas desde sondas hasta vivienda	2	10,00			20,00			
							20,00	27,30	546,00
2.02	m TUBERIA DE PE 40 MM Suministro e instalación de tubería de PE100 DN40 PN15 SDR11 en el interior de la zanja, con soldaduras por termofusión, incluso p.p. de accesorios y pruebas de estanqueidad.								
	Tubería de polietileno	1	100,00			100,00			
							100,00	8,50	850,00
2.03	ud ACOMETIDA A SALA DE MÁQUINAS Acometida de los tubos a la sala de máquinas mediante perforación de la pared, colocación de pasamuros, protección de las tuberías y sellado de los huecos para impedir la entrada de agua desde el exterior.								
	Acometidas	2				2,00			
							2,00	250,00	500,00
2.04	ud COLECTORES Suministro e instalación de colector de ida y retorno de PE 100, de 90 mm de diámetro, con 2 salidas de 40 mm, soldadas por termofusión, incluso soportes, válvulas de corte, grifo de llenado/vaciado, Caudalímetro, y termómetro. El colector de retorno estará dotado además de válvulas de equilibrado hidráulico de 40mm.								
	Colectores	2				2,00			
							2,00	424,00	848,00
2.05	ud VALVULA DE EQUILIBRADO Suministro e instalación de la válvula especialmente diseñada para el equilibrado de circuitos en instalaciones de calefacción, climatización y captadores solares térmicos. Puede utilizarse con fluidos glicolados en cualquier proporción. Marca FRESE. Modelo Frese S 53-2004. Probada y funcionando								
	Instalación de valvulas equilibrado	2				2,00			
							2,00	204,47	408,94
TOTAL CAPÍTULO CAPITULO Nº 2 CONEXIÓN INTERCAMBIADOR - SALA DE MÁQUINAS.....									3.152,94



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE GEOTERMIA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAPITULO Nº 3 SALA DE MAQUINAS									
3.01	ud BOMBA DE CALOR GEOTERMICA Equipo de producción tipo bomba de calor , para circuitos hidráulicos de climatización tipo bomba de calor reversible en el circuito frigorífico y de condensación por agua, marca CIAT o equivalente, modelo Ageo 50 H, de elevada eficiencia energética estacional , para instalación de climatización a dos tubos, equipado con intercambiadores de placas tanto para el circuito de la instalación de climatización como para el de intercambio térmico, compresor scroll que trabajan con gas-refrigerante ecológico R-410A. Incluso elementos antivibratorios, y suportación. Medida la unidad colocada, conexiónada (incluye pequeños materiales), ensayada y comprobado su correcto funcionamiento. (0/35°C, según norma EN 255). Incluso unidad de comunicaciones RCU11, conexiones hidráulicas con el circuito existente y adaptación del cuadro eléctrico para el abastecimiento eléctrico de la bomba de calor, incluidas las protecciones necesarias y el cableado.								
	Bomba de calor	1				1,00			
							1,00	6.140,00	6.140,00
3.02	PA CONEXIÓN HIDRÁULICA SECUNDARIO Conexión hidráulica del secundario de la bomba de calor con tubería rígida de multicapa Pex-Al-Pex de diametro 50 mm y esperor de 4 mm, pequeña valvulería como llaves de corte, antiretorno, Caudalímetro, purgadores, válvulas de seguridad, llaves de llenado, llaves de vaciado ... e instalación de ella incluido, instalación de sondas, cableado de las mismas .								
		1				1,00			
							1,00	2.150,00	2.150,00
3.03	PA CONEXIÓN HIDRAULICO PRIMARIA Conexión hidráulica del primario de la bomba de calor con tubería PE100 DN50 PN15 SDR11, pequeña valvulería como llaves de corte, antiretorno, Caudalímetro, purgadores, válvulas de seguridad, llaves de llenado, llaves de vaciado ... e instalación de ella incluido, instalación de sondas, cableado de las mismas .								
		1				1,00			
							1,00	1.384,00	1.384,00
3.04	ud DEPOSITO DE INERCIA Suministro e instalación de depósito de inercia de 300 l de capacidad, marca Lape-sa modelo Geiser inercia 300l , probado y funcionando.								
	Deposito	1				1,00			
							1,00	784,00	784,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE GEOTERMIA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.05	ud VASO DE EXPANSIÓN Suministro e instalación de vaso de expansión de 12 litros de capacidad, de membrana fija y valido para circuitos cerrados a temperaturas entre -10°C y 110°C, probado y funcionando.								
	Vaso de expansión	2				2,00			
							2,00	36,53	73,06
3.06	m AISLANTE TERMICO Suministro e instalación del aislamiento de espuma elastomérica marca Armaflex Af diámetro interior 50 mm e= 40 mm								
	Aislamiento de instalación	40				40,00			
							40,00	17,52	700,80
3.07	m TUBERIA PE 50 MM Suministro e instalación de tubería de PE100 DN50 PN15 SDR11 en el interior de la zanja, con soldaduras por termofusión, incluso p.p. de accesorios y pruebas de estanqueidad.								
	Tubería para interior de zanja	10				10,00			
							10,00	15,96	159,60
3.08	m AISLANTE TERMICO Suministro e instalación del aislamiento de espuma elastomérica marca Armaflex Af diámetro interior 50mm e= 40 mm								
	Aislamiento	10				10,00			
							10,00	17,52	175,20
TOTAL CAPÍTULO CAPITULO Nº 3 SALA DE MAQUINAS.....									11.566,66
TOTAL.....									27.129,60

RESUMEN DE PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE GEOTERMIA

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAPITULO Nº 1	INSTALACIÓN DEL INTERCAMBIADOR.....	12.410,00	45,74
CAPITULO Nº 2	CONEXIÓN INTERCAMBIADOR - SALA DE MÁQUINAS.....	3.152,94	11,62
CAPITULO Nº 3	SALA DE MAQUINAS.....	11.566,66	42,63
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		27.129,60	
	13,00% Gastos generales.....	3.526,85	
	6,00% Beneficio industrial.....	1.627,78	
	SUMA DE G.G. y B.I.	5.154,63	
	SEGURIDAD Y SALUD.....	600,00	
	SUMA	600,00	
	18,00% I.V.A.....	5.919,16	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		38.803,39	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		38.803,39	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS TRES EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS



5.9. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Evaluar los riesgos representa determinar el grado de peligrosidad de cuanto sea susceptible de originar lesiones o patologías derivadas del trabajo, y ello en relación con los niveles de seguridad e higiene o prevención en general, que pueden estar fijados por normativas específicas o, en su defecto, que estén reconocidas por la técnica o por la comunidad científica en el campo concreto de la seguridad y salud en el trabajo.

La acción preventiva de evaluar los riesgos que no se puedan evitar viene dictada en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, de 9 de noviembre) y se desarrolla en su artículo 16 en la forma en que el empresario deberá planificar la acción preventiva en la empresa a partir de una evaluación inicial de riesgos de la seguridad y salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellas, están expuestas a riesgos especiales.

Igual evaluación deberá extenderse inicialmente a toda la empresa y centrarse, posteriormente, en los puestos de trabajo que puedan verse afectados por:

- La elección de los equipos de trabajo.
- La elección de las sustancias o preparados químicos.
- El acondicionamiento de los lugares de trabajo.
- El cambio en las condiciones de trabajo.
- Puesto en el que se hayan producido daños en la salud.

5.9.1. METODOLOGIA DE LA EVALUACIÓN

A partir de la información obtenida sobre la organización, características y complejidad del trabajo, así como sobre las materias primas y los equipos de trabajo existentes en la empresa, se procederá a la determinación de los elementos peligrosos y a la identificación de los trabajadores expuestos a los mismos, valorando a continuación el riesgo existente, de manera que se pueda llegar a una conclusión sobre la necesidad de evitar, reducir o controlar el riesgo, previa comparación con criterios objetivos de evaluación.

La evaluación incluirá la realización de las mediciones, análisis o ensayos que se consideren necesarios.

5.9.2. DOCUMENTACIÓN

Incluye los datos referentes a:



- Datos de identificación. Identificación de la empresa, secciones y puestos de trabajo.
- Fichas de evaluación. Fichas por puesto de trabajo, de evaluación de los riesgos generales y específicos.
- La lista de riesgos contempla los aspectos de seguridad, higiene y ergonomía.

Seguridad (riesgos S)

- S1 Caídas de personal a distinto nivel.
- S2 Caídas de personal al mismo nivel.
- S3 Caídas de objetos.
- S4 Golpes con objetos.
- S5 Proyección de partículas.
- S6 Atrapamiento por o entre objetos.
- S7 Contactos térmicos.
- S8 Atropellos por vehículos.
- S9 Cortaduras y pinchazos.
- S10 Riesgo eléctrico.
- S11 Incendio y explosión.

Higiene (riesgos H)

- H1 Ruido y vibraciones.
- H2 Inhalación de sustancias peligrosas.
- H3 Contacto con sustancias peligrosas.

Ergonomía (riesgos E)

- E3 Confort térmico.
- E4 Iluminación.

La valoración de la gravedad de cada riesgo contempla, por un lado, la severidad del mismo y, por tanto, la probabilidad de que se produzca el daño.

Se establece una tabla de valoración aunando los dos aspectos mencionados en sus tres características de baja, media y alta, obteniéndose:



PROBABILIDAD		GRAVEDAD		
	3	B	A	AA
	2	C	B	A
	1	CC	C	B
		1	2	3
SEVERIDAD				

Tabla 59. *Relación entre probabilidad y gravedad del daño*

En ella, la severidad del daño se estima de la siguiente forma:

SEVERIDAD DEL DAÑO	
BAJA (1)	<ul style="list-style-type: none"> • Daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo. • Molestias e irritación: dolor de cabeza, discomfort.
MEDIA (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, etc. • Sordera, dermatitis, asma, trastornos musculoesqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.
ALTA (3)	<ul style="list-style-type: none"> • Amputaciones, fracturas, envenenamientos, lesiones múltiples, lesiones fatales. • Cáncer, otras enfermedades que acorten severamente la vida, enfermedades agudas.

Tabla 60. *Severidad del daño*

En cuanto a la probabilidad de que ocurra el daño:

PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO	
BAJA (1)	El daño ocurrirá raramente.
MEDIA (2)	El daño puede ocurrir ocasionalmente.
ALTA (3)	El daño puede ocurrir diariamente.

Tabla 61. *Probabilidad de que ocurra el daño.*

En función de los niveles de riesgo obtenidos en el cuadro anterior, se deben decidir las prioridades y plazos de ejecución de las acciones correctivas para eliminar o reducir el riesgo. Para ello, como criterio, se ha de utilizar la siguiente tabla, la cual nos establece unas prioridades y plazos de ejecución en función de la valoración del riesgo.



RIESGO	ACTIVIDADES Y PLAZOS
CC	No requiere acciones específicas
C	No necesita mejorar la acción preventiva. No obstante, se ha de tener en cuenta soluciones o mejoras más rentables que no supongan una carga económica importante.
B	Se deben tomar acciones para reducir el riesgo en un plazo determinado
A	No se debe comenzar el trabajo hasta reducir el riesgo. En el caso de que el trabajo se esté realizando, deben tomarse acciones en un plazo inferior al de los riesgos moderados.
AA	No debe comenzarse ni continuarse el trabajo hasta que se reduzca el riesgo.

Tabla 62.

5.9.3. FICHA DE EVALUACIÓN

Empresa:
Centro de trabajo:
Sección:
Puesto de trabajo:
Fecha:

RIESGO	ESTIMACION DEL RIESGO
SEGURIDAD	
S 1. Caídas a distinto nivel	
S 2. Caídas al mismo nivel	
S 3. Caídas de objetos	
S-4. Golpes con objetos	
S 5. Proyección de partículas	
S 6. Atrapamientos	
S 7. Contactos Térmicos	
S 8. Atropellos por vehículos	
S 9. Cortaduras y pinchazos	
S 10. Contactos eléctricos	
S 11. Incendio y explosión	
HIGIENE	
H 1. Ruido y vibraciones	
H 2. Inhalación de sustancias	
H 3. Contacto con sustancias	
H 4. Radiaciones	



ERGONOMIA	
E 1. Sobreesfuerzos	
E 2. Trastornos, post. y mov. Repet.	
E 3. Confort térmico	
E 4. Iluminación	

ACTOS INSEGUROS O CONDICIONES PELIGROSAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS	RIESGO	S	P	Nº	GRAVEDAD

S = Severidad (1: baja; 2: media; 3: alta)

P = Probabilidad (1: baja; 2: media; 3: alta)

Nº = Número de personas afectadas

5.9.4. VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, conforme a lo dispuesto en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud.

Los resultados de la vigilancia a que se refiere el apartado anterior serán comunicados a los trabajadores afectados.

Los datos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores no podrán ser usados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

❖ Protección a menores

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, en cualquier actividad susceptible de presentar riesgo específico al respecto, a agentes, procesos o condiciones de trabajo que puedan poner en peligro la seguridad o la salud de estos trabajadores.



A tal fin, la evaluación tendrá especialmente en cuenta los riesgos específicos para la seguridad, la salud y el desarrollo de los jóvenes derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

❖ Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

El artículo 47.3 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales tipifica como infracción grave no dar cuenta en tiempo y forma a la autoridad laboral (minera en este caso) de los accidentes ocurridos y las enfermedades profesionales declaradas, cuando tengan la calificación de graves, muy graves o mortales, o no llevar a cabo una investigación en caso de producirse daños para la salud de los trabajadores o tener indicios de que las medidas preventivas son insuficientes.

Es obligatorio remitir un telegrama o fax a la autoridad minera en caso de accidente grave o mortal.

Así mismo, y según se especifica en el artículo 23 de la L.P.R.L., habrá que efectuar una relación de accidente de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado a los trabajadores de la empresa una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

Puesto de trabajo		Departamento/Sección		Fecha/Hora/Turno	
DATOS PERSONALES DEL ACCIDENTADO					
Nombre		Experiencia en el puesto			
Categoría Profesional		Antigüedad en la empresa			
Trabajo que realiza		Parte del cuerpo lesionada			
Edad		Equipo/objeto causante			
DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE					
ANÁLISIS DEL ACCIDENTE					
Condiciones y actuaciones que motivaron el accidente:					
Razones básicas para la existencia de esos actos y condiciones:					



CONSECUENCIAS						
GRAVEDAD POTENCIAL DE LAS LESIONES				POSIBILIDAD DE REPETICION		
Muy grave <input type="checkbox"/>	Grave <input type="checkbox"/>	Leve <input type="checkbox"/>	Frecuente <input type="checkbox"/>	Ocasional <input type="checkbox"/>	Raro <input type="checkbox"/>	
MEDIDAS PREVENTIVAS						
Que acciones se han adoptado o se adoptarán, para evitar la repetición del accidente:						
Investigado por:	Fecha:	Revisado por:	Fecha:			

Tabla 63

❖ Investigación de accidentes.

PUESTO DE TRABAJO	DEPARTAMENTO/SECCION	FECHA/HORA/TURNO
DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE		
Descripción breve sobre como sucedió el incidente:		
ANÁLISIS DEL INCIDENTE		
Condiciones y actuaciones que motivaron el incidente:		
Razones básicas para la existencia de esos actos y condiciones:		
POSIBLES CONSECUENCIAS		



GRAVEDAD POTENCIAL DE LAS LESIONES			POSIBILIDAD DE REPETICIÓN		
Muy grave <input type="checkbox"/>	Grave <input type="checkbox"/>	Leve <input type="checkbox"/>	Frecuente <input type="checkbox"/>	Ocasional <input type="checkbox"/>	Raro <input type="checkbox"/>
MEDIDAS PREVENTIVAS					
Que acciones se han adoptado o se adoptarán, para evitar la repetición del incidente:					
Investigado por:	Fecha:	Revisado por:	Fecha:		

Tabla 64

Conforme a lo descrito en los artículos 18 “Información, consulta y participación de los trabajadores” y 19 “Formación de los trabajadores”, la empresa adoptará las medidas necesarias para que por sí misma, por el personal responsable de los trabajos o por personal técnico especializado, se facilite a los trabajadores todas las informaciones necesarias en relación con:

- a) Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.
- b) Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados en el apartado anterior.

La empresa, a través de los programas de formación de proveedores, Servicio de Prevención, Asociaciones empresariales y sindicales, debe facilitar el que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

La formación se centrará específicamente en el supuesto de trabajo o función de cada trabajador, y procurará adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos. Se repetirá periódicamente, si fuera necesario.

La formación a que se refiere el párrafo anterior se impartirá, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo o, en su defecto, en otras horas pero con el descuento del tiempo invertido en la misma.



En cada momento se planificará la formación continua de los trabajadores en función de la planificación de las entidades ajenas antes citadas.

❖ Ropa de trabajo y equipos de protección individual

Todos los trabajadores pertenecientes a la empresa deberán utilizar los equipos de protección individual necesarios para la realización de sus trabajos.

Las responsabilidades y obligaciones en cuanto a su uso, mantenimiento y almacenamiento, así como la metodología utilizada para su elección, están marcados en el RD 773.

Abarca todos los equipos tanto para el desarrollo de los trabajos diarios como para la realización de tareas críticas reguladas por procedimientos o instrucciones operativas específicas.

Por otro lado, es conveniente la implantación de un sistema de registros de los equipos de protección entregados a los trabajadores, de manera que éste, al formar dicho registro, se hará responsable de su utilización, mantenimiento y conservación según lo especificado en las instrucciones del fabricante.

❖ Registro de equipos de protección individual

EMPRESA:
CONTRATISTA:
SUBCONTRATISTA:

Siguiendo lo marcado en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995), el empresario está obligado a “informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores propios y autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra”.

Igualmente, deberá hacer entrega a los trabajadores de los equipos de protección individual necesarios para el desarrollo de sus funciones con las garantías suficientes de seguridad.

Buscando dar cumplimiento a lo anteriormente mencionado, todos los abajo firmantes han recibido *EL LISTADO DE RIESGOS Y LAS MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR DURANTE LA REALIZACIÓN DE SU TAREA* y los EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES que se estiman oportunos.

NOMBRE:
D.N.I.



PUESTO:	
	FECHA:
	FIRMA:
EPI's ENTREGADOS:	
CASCO DE SEGURIDAD BOTAS DE SEGURIDAD GUANTES DE TRABAJO MONO DE TRABAJO PROTECTORES AUDITIVOS BOTAS DE AGUA GAFAS ANTIPROYECCION TRAJE DE AGUA OTROS	

5.9.5. DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD.

❖ Introducción:

El capítulo II del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en su artículo 5º, dice:

“Cuando sea precisa la adaptación, a casos concretos, de las medidas de este Reglamento y cuantas disposiciones posteriores puedan desarrollarlo, el Director Facultativo responsable establecerá Disposiciones Internas de Seguridad que regulen la actividad interna de la Empresa explotadora.”

Las presentes Disposiciones Internas de Seguridad (D.I.S.) pretenden contemplar todos aquellos apartados que están incluidos dentro de la normativa actualmente en vigor y todas las normas que sean precisas para una perfecta utilización de los equipos de perforación.

Así mismo, se han incluido las medidas para la protección de la calidad del agua y las precauciones sanitarias que habrán de adoptarse para garantizar dicha calidad.

Estas Disposiciones Internas de Seguridad se adaptan a la legislación actual y serán modificadas ante cualquier variación que puedan afectarlas.

❖ Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de las presentes Disposiciones Internas de Seguridad será en todas las labores de PERFORACIÓN, que sean responsabilidad de la empresa y por todo el personal presente, tanto propio como contratado, que esté trabajando en el mismo ámbito físico donde estas labores tengan lugar.



❖ Personal involucrado. Funciones

El Director Facultativo, titulado de Minas, será el responsable de la seguridad de los trabajos que se encuentren dentro del ámbito de aplicación de las presentes Disposiciones Internas de Seguridad.

Todo el personal de la obra, cualquiera que sea su calificación laboral, será responsable de la estricta observancia de lo dispuesto en las presentes Disposiciones Internas de Seguridad, cuyo conocimiento y cumplimiento es obligatorio.

La formación de personal se realizará de acuerdo con la actividad concreta a desarrollar. Periódicamente, se harán reuniones de actualización técnica, y diariamente se impartirán las instrucciones de operación necesarias.

❖ Funciones del director facultativo

La aplicación obligatoria de todo lo dispuesto en las presentes Disposiciones Internas de Seguridad.

La formación de todo el personal, tanto propio, como del personal de empresas contratadas, en materia de seguridad, de manera directa o en colaboración del Encargado o persona responsable.

La supervisión en el cumplimiento de lo dispuesto en las Disposiciones Internas de Seguridad, mediante visitas periódicas a la obra.

❖ Funciones del operador del equipo de perforación.

El operador del equipo de perforaciones, durante los trabajos de perforación, será el responsable directo de la aplicación de lo dispuesto en las presentes Disposiciones Internas de Seguridad.

Verificar la máquina, antes de iniciar los trabajos de perforación, para asegurarse que posee los medios y dispositivos de seguridad adecuados y que éstos están en perfecto estado de utilización y servicio.

Verificar que las condiciones de trabajo son seguras, tomando, en su caso, las oportunas medidas de prevención. En caso de duda, consultará con el Director Facultativo.

Verificar que las herramientas, materiales y equipos, tanto de trabajo como de protección individual, estén en las debidas condiciones de uso.



Informar, a través del Director Facultativo, del incumplimiento de lo dispuesto en la presente Disposiciones Internas de Seguridad.

❖ Funciones del ayudante

Verificar que las condiciones de trabajo del personal, en los trabajos de su responsabilidad directa, sean seguros, tomando, en su caso, las oportunas medidas de prevención. En caso de duda, consultará con el Director Facultativo.

Verificar que los útiles, equipos y materiales, tanto de trabajo como de protección individual, estén en las debidas condiciones de uso.
Informar, a través del Director Facultativo, del incumplimiento de lo dispuesto en la presente Disposiciones Internas de Seguridad.

❖ Material utilizado.

A. EQUIPOS DE PERFORACIÓN.

Se seguirán las instrucciones de servicio especificadas por el fabricante en su Manual de Servicio y Mantenimiento.

Durante las operaciones de mantenimiento y reparaciones realizadas en obra, el equipo estará frenado e inmovilizado de manera que no pueda moverse de forma imprevista.

Los controles de arranque estarán bloqueados de forma que sólo el personal autorizado pueda accionarlos.

Ningún operario subirá por la columna de perforación para realizar cualquier servicio. En caso de necesidad, el operario estará provisto de cinturón de seguridad anclado a la columna.

Deben verificarse el estado de las válvulas de seguridad con periodicidad semanal, como mínimo.

No se usarán mangueras de aire con presiones superiores a 2 bar para la limpieza de filtros, ropa de trabajo, polvo, etc.

El repostado del equipo perforador se realizará con el motor parado y en zonas ventiladas, quedando completamente prohibido fumar o realizar cualquier tipo de llama en un radio inferior a 10 m del mismo.

Antes de realizar cualquier maniobra, el operador se asegurará que no existan personas ni obstáculos próximos a la máquina.



Se prestará especial atención a la existencia de canalizaciones o conducciones subterráneas en el desplazamiento del equipo perforador, así como la existencia de líneas eléctricas aéreas. El equipo perforador deberá mantenerse a una distancia de seguridad mínima de 10 m de cualquier línea eléctrica.

La perforación de los barrenos se realizará con empleo de captador de polvo.

En todo momento, los accesorios de perforación estarán en buenas condiciones de uso. Aquellas piezas que presenten desgastes que puedan afectar a la seguridad de la operación, serán sustituidas.

Los operadores se mantendrán, en todo momento, alejados de los componentes en movimiento de la perforadora.

Las llaves de potencia llevarán las correspondientes uniones, mediante cadenas, a la torre y serán de dimensiones adecuadas al trabajo especial al que han de ser destinadas. Dispondrán de contrapesos para facilitar su manipulación y un dispositivo de seguridad que evite su caída en caso de rotura del cable que la sostiene.

La plataforma de trabajo, enganchador de tuberías o varillaje estarán debidamente aseguradas a la torre, comprobándose en cada montaje de equipo, las condiciones de fijación. El operario que realice esta maniobra deberá ir provisto en todo momento del cinturón de seguridad.

B. CABLE DE CABRESTANTE PRINCIPAL

Se llevará un libro de registros donde figuren las características del cable del cabrestante principal, revisiones efectuadas en el mismo, con indicación de la fecha y cualquier incidencia o anomalía observada.

En este libro se anotará diariamente el trabajo medio realizado con el cable, procediéndose a su anulación cuando se estime que se ha conseguido de él un rendimiento razonable sin esperar a que se produzcan desperfectos que pudieran resultar peligrosos. La carga máxima admisible del cable principal será la quinta parte de la carga de rotura (coeficiente de seguridad de 5).

C. EQUIPAMIENTO DE AYUDANTES Y OPERARIOS.

Todo el equipamiento: saco, guantes, botas, cinturón antivibratorio, protecciones acústicas, ropa impermeable, etc., será el debidamente homologado en aquellos casos en que exista esta homologación, y en todo caso, deberá estar en perfectas condiciones de utilización para una correcta protección.



D. BALIZAMIENTO DE LAS OBRAS.

Las obras se balizarán para evitar accidentes.

La circulación rodada deberá estar interrumpida, estando la entrada a la obra cerrada mediante vallas pintadas de manera llamativa con tiras o pastillas reflectantes para que resulten visibles durante la noche.

En los puntos de mayor peligro, cuya protección debe ser visible a mayor distancia, se colocarán durante la noche balizas centelleantes de luces rojas o luces permanentes.

❖ Perforación.

A. PERSONAL

Los mandos con personal a sus órdenes, son responsables del desarrollo de todos los trabajos en condiciones seguras.

Todos los perforistas estarán en posesión de los permisos que sean reglamentarios en cada momento y conocer el manual de operación de la máquina, antes de hacerse cargo de ella.

Los trabajadores usarán la ropa y accesorios de protección dispuestos por la Empresa.

Comunicarán a sus superiores cualquier avería, anormalidad o práctica peligrosa.

B. EQUIPO DE PERFORACIÓN.

En cada caso, se procurará perforar en las mejores condiciones, tanto desde el punto de vista de seguridad, como de higiene y garantías para el personal interviniente.

Si las condiciones de trabajo son inadecuadas o peligrosas, no se arrancará el equipo.

Las deslizaderas se mantendrán abatidas durante el traslado de las perforadoras.

Durante las maniobras, los ayudantes se colocarán en puntos visibles para los maquinistas.

Cualquier maniobra potencialmente insegura necesitará del concurso de un ayudante en contacto visual con el maquinista.



Antes de abandonar la perforadora, se liberará la presión de todos los circuitos y se dejarán los controles en posición de parada, haciendo uso de los bloqueos existentes, y retirando las llaves de arranque.

Caso de existir alguna circunstancia que pueda afectar al uso de la máquina, se dejará una nota de advertencia sobre los controles de arranque, antes de abandonar la perforadora.

❖ Protección de la calidad del agua, precauciones sanitarias y desinfecciones.

Durante la ejecución de los sondeos, se tomarán de manera permanente las medidas necesarias para evitar que las aguas sean contaminadas, o que aguas con características químicas no deseables entren en contacto con las aguas subterráneas a través del sondeo. Así mismo, se cuidará que gasolinas, gasóleos u otros agentes externos contaminantes puedan entrar en los sondeos mediante filtraciones a través de la abertura.

En el caso de que se contamine el sondeo, o que aguas con características no deseables entrasen en el sondeo por descuido del Contratista, éste, a su cargo, realizará las obras esterilizantes necesarias para eliminar la contaminación, neutralizando la entrada de agua contaminante.

El Contratista extremará sus cuidados durante la realización de las obras para evitar el derrumbamiento o soterramiento de los estratos.

Como precauciones sanitarias se tendrán presentes las siguientes:

- El sondeo deberá ubicarse en una zona relativamente alta, de cota superior a la de cualquier fuente cercana de posible contaminación.
- La tubería del revestimiento deberá sobresalir, por lo menos, 50 cm de la cota de la superficie del terreno circundante.
- Aún cuando los materiales del subsuelo próximos a la superficie tengan unas características tales que permitan una filtración y consiguiente disminución de su grado de contaminación, hay que tener precauciones en el mantenimiento de posibles focos contaminantes.
- Una vez concluido el sondeo, se limpiará completamente de cualquier materia extraña, con inclusión de herramientas, maderas, cuerdas, escombros, cemento, aceites, grasas, etc.
- Si, por cualquier motivo, el sondeo hubiese sido contaminado, se procederá a su desinfección con una solución de cloro. Ésta ha de tener



una concentración de, al menos, 50 ppm de cloro en todas partes del sondeo. La solución de cloro se aplicará de acuerdo con las instrucciones que en este sentido marque el Director Facultativo, debiendo permanecer dicha solución en el sondeo durante dos (2) horas, como mínimo.

❖ Prescripciones

Con objeto de garantizar una buena ejecución de los trabajos de perforación y una correcta y segura instalación de los colectores de polietileno, se han de cumplir las siguientes prescripciones:

- 1) Para una correcta ejecución de las perforaciones se tendrán que tener en cuenta los siguientes requisitos:
 - La empresa responsable de la perforación se atenderá en todo momento a lo dispuesto en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (R.D. 863/1985 de 2 de abril) y a las Instrucciones Técnicas Complementarias que lo desarrollan.
 - No se podrán realizar perforaciones superiores a los 200 m.
 - La situación de las perforaciones, en caso de reformas en las que se desconozca la situación de los cimientos, deberán estar a una distancia mínima de 4 m de la vivienda, nave, edificio, etc. Así mismo, se contempla una distancia mínima a otras propiedades colindantes de 10 m entre éstas y la perforación más cercana.
 - En terrenos poco cohesionados (suelos), se entubará la perforación en sus primeros 6 m, colocándose los colectores ya llenos de BRINE (agua+anticongelante) inmediatamente después de su finalización. Posteriormente, se rellenará la perforación con el detritus procedente de la misma o con arena silíceas, con objeto de reestablecer, en la medida de lo posible, las condiciones iniciales del terreno.
 - En terrenos de elevada dureza, los tubos penetrarán 2 m en la roca.
 - Los tubos de revestimiento a emplear tendrán un espesor mínimo de 5,00 mm y calidad de acero y tolerancia según DIN 1626 o equivalente. Las soldaduras entre tubos deberán ser herméticas y resistentes a la presión de trabajo. La unión entre el tubo envolvente y la roca debe ser hermética mediante el empleo de cemento.
- 2) Para reducir al mínimo el riesgo de fuga del líquido refrigerante BRINE (agua+anticongelante) y de pérdidas de carga del sistema del captador, los materiales a emplear deberán cumplir los siguientes requisitos:



- Los tubos de los colectores serán de polietileno completamente soldado (PEM PN 6.3 - 8 para perforaciones inferiores a 100 m y PEM PN 12.5 - 16 para perforaciones entre 100 m y 200 m) según SIS 3326 o equivalente, con codo de retorno de fabricación industrial.
 - Se emplearán tapas de cierre hermético para cerrar la perforación e impedir que entre agua de la superficie y/o tierra en la misma.
 - Las conexiones de los tubos de polietileno deben soldarse mediante electrofusión, con materiales y equipos de soldadura homologados por el fabricante de tubos.
 - A la hora de introducir los colectores en la perforación, ésta deberá estar llena de agua para facilitar dicha labor e impedir que, debido al peso, la tubería de polietileno caiga de forma brusca produciendo daños en la tubería y en la perforación y/o accidentes laborales. En caso de que la perforación no tenga agua, se tendrá que rellenar con agua limpia.
 - Una vez introducidos los colectores en la perforación, se realizará una prueba de presión (> 2 bar) del sistema.
 - La zanja que conduce los colectores a la vivienda, se rellenará con material adecuado que no dañe los tubos de polietileno. Se señalizarán las conducciones mediante una cinta de color llamativo 40 cm por encima de los tubos de polietileno.
 - Los tubos de polietileno de los colectores se aislarán con material resistente en su paso por las paredes de la vivienda.
 - El BRINE (agua+anticongelante) deberá tener una concentración tal que garantice una temperatura mínima de congelación entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 3) Una vez finalizadas las perforaciones, se entregará a la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid un informe detallando los siguientes puntos:
- Longitudes finales de las perforaciones.
 - Materiales atravesados.
 - Presencia de agua y su cota.
 - Incidencias.

5.9.6. PREVENCIÓN DE RUIDOS Y VIBRACIONES.

Las medidas que se exponen a continuación deben ser previstas para que, como consecuencia del funcionamiento de la instalación, en las zonas de normal



ocupación de locales, los niveles sonoros del ambiente interior no superen los valores máximos admisibles derivados de la aplicación de la IT 1.1.4.4, el cumplimiento de la exigencia del documento DB-HR Protección frente al ruido del CTE y la Ley 7/2.002 de Protección Contra la Contaminación Acústica y de la Ordenanza Municipal de Ruidos.

- Para conseguirlo las unidades térmicas se asientan sobre bancadas adecuadas con soportes antivibratorios.
- Los cerramientos de las salas de máquinas serán tales que eviten los ruidos en los locales colindantes.
- Se instalarán manguitos antivibratorios en las conexiones entre las tuberías y todo elemento mecánico susceptible de provocar vibraciones.
- Se han dimensionado tanto las tuberías con el fin de que los fluidos circulen a una velocidad acorde para la prevención de ruidos.

5.9.7. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

No se trata de una instalación peligrosa para el medio ambiente porque no provoca vertidos de materias contaminantes al exterior, como puedan ser humos producto de combustiones o líquidos expulsados hacia el alcantarillado municipal que puedan resultar dañinos desde el punto de vista ecológico.

5.9.8. POSIBLES AFECCIONES AL MEDIO AMBIENTE. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS O COMPENSATORIAS.

A continuación se detallarán las posibles afecciones que la ejecución y utilización posterior de las perforaciones pueden ocasionar al medio ambiente.

POSIBLE AFECCIÓN	MEDIDA PREVENTIVA, CORRECTORA O COMPENSATORIA
<i>Durante la perforación</i>	
Pequeñas fugas de gasoil o aceites	<ul style="list-style-type: none"> • Se parará inmediatamente el equipo de perforación. • Se recogerán los vertidos mediante el empleo de material absorbente tipo sepiolitas o similares. • Se llevarán a un vertedero autorizado.
Generación de polvo	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo perforador dispondrá de sistema de captación de polvo, pudiéndose desconectar en caso de presencia de agua dentro de la perforación.



Afección a acuíferos	<ul style="list-style-type: none"> • No se realizarán perforaciones superiores a 200 m. • Solo se empleará el propio detritus procedente de la perforación o arena silíceas para rellenar las perforaciones. • Todas las perforaciones se sellarán mediante el empleo de tapas de cierre hermético que se adapten perfectamente al tubo de acero colocado en la boca del mismo y a los tubos de los colectores. • El espacio anular entre la pared de la perforación y el tubo de acero se rellenará con cemento. • En caso de producirse algún tipo de vertido accidental dentro de la perforación, se llevará a cabo lo estipulado en las Disposiciones Internas de Seguridad, punto 6: <i>Protección de la calidad del agua, protecciones sanitarias y desinfecciones.</i>
<i>Durante la utilización</i>	
Fugas del fluido caloportador	<ul style="list-style-type: none"> • El anticongelante a emplear será biodegradable a CO₂ y H₂O. • La bomba de circulación dispondrá de un sistema de parada de emergencia si se detecta una caída de presión en el circuito de los colectores. • Todos los materiales utilizados en los captadores habrán de cumplir lo establecido en el punto 6.5 del presente proyecto para garantizar la estanqueidad de los mismos.

Tabla 65

Se seguirá escrupulosamente lo establecido en las Disposiciones Internas de Seguridad para esta obra y lo dispuesto por la Dirección Facultativa.

❖ Posibles riesgos de contaminación sobre acuíferos

Las principales y más graves afecciones que se pueden ocasionar a un acuífero son el agotamiento y la contaminación del mismo.

- La primera de ellas no es aplicable a este caso, pues en las perforaciones geotérmicas nunca se extraerá agua para ningún fin. Sólo se introducirán colectores para intercambiar calor con el subsuelo mediante la circulación por el interior de las tuberías de agua más anticongelante (propilenglicol) en una proporción en volumen de 70/30, respectivamente.



- En cuanto a los posibles riesgos de contaminación, las únicas causas que pueden provocarlos, en función de las características y usos del terreno adyacente a las perforaciones, son:
 - Fugas de agua con anticongelante.
 - Introducción de material contaminado al rellenar las perforaciones.
 - Vertidos accidentales en las perforaciones.
 - Vertidos accidentales por las perforaciones

A. Fugas por anticongelante.

La toxicidad del producto es muy baja y su movilidad baja. No se producen lixiviados. Por otra parte, la carga o cantidad de contaminante es muy baja al tratarse de pequeñas cantidades de líquido que se pueden fugar. Además, hay que tener en cuenta el tipo de material presente en la zona: arenas y arcillas, que favorecen una depuración natural de las aguas. Por todo ello, una posible fuga no supone un riesgo para la calidad de las aguas subterráneas.

B. Introducción de material contaminado al rellenar las perforaciones.

Sólo se podrán introducir en las perforaciones dos tipos de materiales: el propio detritus procedente de la misma perforación o arena silícea procedente de cantera o gravera. Por tanto, sólo se está introduciendo material inerte que no contiene materiales potencialmente contaminantes que puedan generar lixiviados.

C. Vertidos accidentales en las perforaciones

Durante la ejecución de las perforaciones, existe la posibilidad de que, accidentalmente, se pueda verter algún tipo de producto que pudiera ocasionar una contaminación en el acuífero. Dichos productos pueden ser:

- Aceite hidráulico como consecuencia de una rotura de algún latiguillo de la máquina perforadora.
- Aceite de motor o gasóleo de la máquina perforadora.

Cualquiera de estos vertidos será siempre de muy pequeña cuantía, por lo que, en caso de fuga de alguno de estos materiales, la probabilidad de que caigan directamente en la perforación es muy baja.

En caso de que el vertido tenga lugar en las inmediaciones de la perforación, se tomarán las siguientes medidas correctoras:

- Se parará de inmediato la operación de perforación hasta que no esté subsanado el problema.

- Se esparcirá cualquier tipo de material absorbente (tipo sepiolita) sobre la zona del vertido.
- Se retirará todo el material afectado por el vertido y será llevado a un vertedero autorizado.
- Para llevar a cabo la reparación de la avería, se dispondrá de un plástico debajo de la máquina perforadora que evite el contacto de posibles nuevas fugas sobre el terreno.

Así mismo, para evitar vertidos incontrolados, estará prohibido realizar tareas de mantenimiento en las cercanías de las perforaciones. Dichos trabajos habrán de hacerse en zonas especialmente habilitadas a tal fin.

En todo momento se llevará a cabo lo estipulado en las Disposiciones Internas de Seguridad y, en especial, lo dispuesto en el punto.

D. Protección de la calidad del agua, protecciones sanitarias y desinfecciones.

Una vez hechas las perforaciones, e inmediatamente después de su terminación, se introducirán los tubos colectores en el interior de las mismas. Una vez finalizado este proceso, se colocará en la boca de la perforación una tapa de cierre hermético que evite la entrada de cualquier producto o líquido en su interior.

E. Vertidos por las perforaciones

Se entienden por vertidos por las perforaciones aquellos vertidos que se producen en las cercanías de la perforación y que, por lixiviación, pueden llegar a la perforación e introducirse en ella.

Para evitar que cualquier producto lixiviado entre en contacto con un acuífero, se colocará un tubo de revestimiento de acero que penetre, por lo menos, dos metros en la roca firme y, posteriormente, se rellenará el espacio anular entre el terreno y el tubo con cemento. De esta manera, quedará sellada la perforación, ya que la unión entre roca/cemento/tubo será estanca.

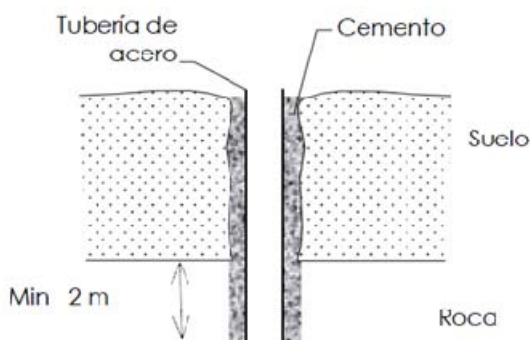


Figura 201. Tubería de revestimiento en las perforaciones.



En el supuesto de encontrarse roca desde la cabeza de la perforación, se introducirá el tubo de revestimiento hasta alcanzar roca inalterada y siempre en una profundidad mínima de dos metros.

5.9.9. VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.

Para llevar a cabo el seguimiento del cumplimiento de los objetivos marcados en el presente proyecto, tanto desde un punto de vista técnico como desde un punto de vista medioambiental, durante la fase de ejecución de los trabajos de ejecución de las perforaciones, se nombrará un Director Facultativo que velará por su cumplimiento.

Para la fase de funcionamiento de los captadores, el mantenimiento que requiere la instalación es mínimo por no decir nulo, ya que el único riesgo existente es una posible fuga del líquido caloportador, situación que es detectada automáticamente por el sistema produciéndose de forma instantánea la parada y cierre de la circulación.

En caso de abandono de una instalación, la única actuación que habrá que realizar es el vaciado del circuito mediante camión cisterna y llevarlo a un vertedero autorizado.

El responsable del mantenimiento, desde la “entrega de llaves” de la instalación, es el propietario de la misma.

5.10. TRAMITACIONES PARA REALIZAR UN PROYECTO GEOTERMICO EN ESPAÑA

En este apartado daremos las pautas administrativas y la documentación que es exigida para la realización del proyecto y la tramitación de un proyecto de climatización con bomba de calor geotérmica

5.10.1. AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS PARA INSTALACIONES GEOTERMICAS DE BAJA ENTALPIA

Con independencia de las licencias y permisos que corresponda otorgar a las Corporaciones Locales, una instalación geotérmica de baja entalpía cuya finalidad sea la de dotar a los edificios de servicios de calefacción, climatización o ACS, tiene los siguientes requisitos legales:



1. La instalación térmica o de ACS deberá ser registrada siguiendo las pautas de cualquier instalación de este tipo que utilice una fuente de energía convencional.
2. La realización de la perforación requiere la autorización desde el punto de vista de seguridad minera mediante la presentación de un proyecto según las prescripciones recogidas en las normas básicas de seguridad minera.
3. Las características particulares que puede suponer la perforación requerirá previamente que el organismo competente en materia medioambiental se pronuncie sobre los trámites a seguir según su afección al medio ambiente.

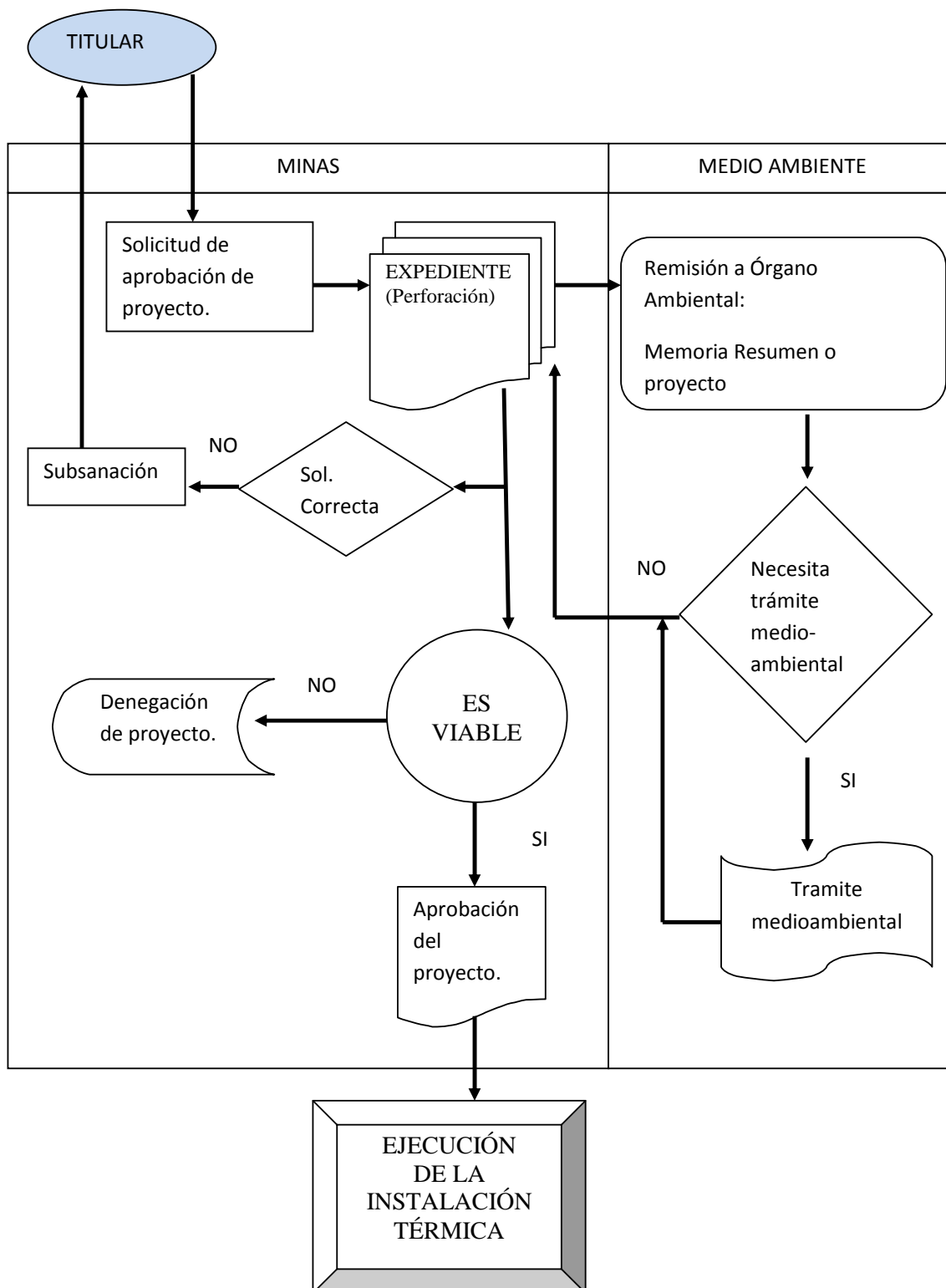
La primera de las exigencias requerirá la tramitación administrativa que, según las características de la instalación, se establece en la legislación vigente para las instalaciones térmicas en edificios, mientras que para la segunda y la tercera será necesaria la presentación de un proyecto y una memoria resumen, respectivamente.

En este texto se adjunta las directrices básicas para la elaboración de ambos documentos, así como un proyecto ejemplo elaborado con la colaboración desinteresada de la empresa Geocesa. Su finalidad es proporcionar una orientación que facilite la presentación de la documentación administrativa de este tipo de instalaciones.

Su contenido tiene carácter de requisitos mínimos, pudiendo la Administración requerir la información o documentación adicional que estime conveniente en función de las características del proyecto.

Así mismo, se adjunta un modelo de ficha resumen cuyo cumplimentado facilitará la tramitación administrativa de este tipo de instalaciones ante la Autoridad Minera.

5.10.2. ESQUEMA DE TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA.



5.10.3. DIRECTRICES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SEGURIDAD MINERA PARA EL



APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA O ENTALPÍA.

Estas directrices se refieren al proyecto de aprovechamiento del recurso geotérmico y no considera la instalación térmica que posteriormente se alimente de la fuente de energía.

En la redacción de un proyecto para el aprovechamiento de la energía geotérmica habrá que recoger, al menos, los siguientes aspectos:

❖ Memoria descriptiva

Recogerá los siguientes aspectos:

- a) **Objeto del proyecto**, indicando su uso y finalidad perseguida con el mismo y una breve descripción de su contenido.
- b) **Legislación aplicable**, que se ha observado en la redacción del mismo y la que se ha de observar en la ejecución de los trabajos. Entre éstas se incluirán especialmente las referentes a las de seguridad minera.
- c) **Datos generales**, donde se indiquen los intervinientes, tales como el solicitante, en su caso usuario, empresa instaladora, empresa que lleva a cabo la perforación, etc.
- d) **Emplazamiento geográfico**, indicando localidad, situación respecto al casco urbano, parcela, espacios protegidos, viales, accesos, túneles, etc.
- e) **Geología de la zona**, recogiendo una caracterización de la geología de la zona donde se prevé que se llevará a cabo el proyecto.
- f) **Perforaciones a realizar**, indicando tipo de perforación, características de las perforaciones, cotas, características de los anticongelantes y de los colectores, y entubaciones que sean necesarias.
- g) **Principales alternativas**, donde se recojan las posibles soluciones técnicas para el fin previsto.
- h) **Espacios protegidos y acuíferos existentes**, haciendo indicación expresa al tipo de espacio en que se va a llevar a cabo la instalación, así como los acuíferos que existen en el entorno y pudieran verse afectados.
- i) **Posibles afecciones al medio ambiente**, incluyendo las medidas preventivas, correctoras y compensatorias. También se



considerarán los posibles riesgos que se pudieran ocasionar como consecuencia del uso del fluido caloportador elegido, tanto en la fase de ejecución como en la de funcionamiento de la instalación.

- j) **Vigilancia y seguimiento ambiental.**
- k) **Identificación de la dirección facultativa.**
- l) **Programa de mantenimiento**, si éste fuera necesario.

❖ Presupuesto del proyecto.

Desglosado por conceptos y aportando mediciones, valores unitarios y presupuesto total.

❖ Planos.

Deberá incluirse, al menos, los siguientes planos:

- Plano de situación, donde se localice la parcela y se aprecien los elementos de interés circundantes, como accesos, túneles, parcelas circundantes, instalaciones de servicio, etc.
- Plano general donde se localicen las perforaciones respecto al resto de elementos de la parcela y las circundantes, depósitos de gas, canalizaciones de agua, de electricidad, de gas, etc.
- Columnas de las perforaciones donde se indiquen los terrenos atravesados durante los trabajos.
- Detalles constructivos sobre revestimientos, entubaciones, cimentaciones, etc.

❖ Anexos

Donde se incluyan los siguientes documentos:

- Características de los colectores.
- Estudio básico de seguridad y salud.
- Disposiciones Internas de Seguridad (DIS).

5.10.4. DIRECTRICES PARA LA REDACCIÓN DE LA MEMORIA RESUMEN A PRESENTAR PARA EL ESTUDIO CASO POR CASO DE LOS EFECTOS AMBIENTALES



Se tendrán en consideración los aspectos que se enuncian seguidamente en los que fueran de aplicación, y cuantos otros no recogidos explícitamente en estas directrices, que pudieran ser de interés para el estudio de los efectos ambientales ocasionados por el proyecto.

❖ CONTENIDO DE LA MEMORIA

1. Definición, características y ubicación del proyecto

1.1. Descripción del proyecto

- a. Objeto y justificación del proyecto.

1.2. Características

- a. Descripción de las actuaciones. Instalaciones previstas. Dimensiones de la perforación. Superficies a ocupar. Si procede, planos de planta y alzado de las instalaciones. Descripción de los colectores. Distancia a viviendas. Tipo de relleno de las perforaciones. Tipo y cantidad de anticongelante utilizado.
- b. Utilización de recursos: Determinación, si procede, de la forma de abastecimiento de agua y consumos. Determinación, si procede, de la forma de abastecimiento de energía y descripción de la misma.
- c. Residuos: generación y tipo de gestión propuesta para los mismos.
- d. Cuantificación y gestión de los materiales procedentes de la excavación.
- e. Producción de vertidos líquidos: si procede, estimación y sistemas de depuración adoptados.
- f. Estimación, si procede, de las emisiones a la atmósfera.
- g. Posibles fuentes generadoras de ruidos.
- h. Riesgo de accidentes.
- i. Actividades inducidas o complementarias que se generen.

1.3. Ubicación

- a. Localización detallada de la parcela y accesos. Coordenadas UTM
- b. Uso actual del suelo. Existencia de espacios protegidos.



- c. Se aportará cartografía 1:50.000 y 1:5.000 donde quede claramente identificada la zona de actuación

2. Principales alternativas estudiadas

3. Breve análisis de potenciales impactos sobre el medio ambiente

Se identificarán y analizarán brevemente los impactos sobre el medio motivados por la realización del proyecto, considerando sus fases de ejecución y de funcionamiento (afección a acuíferos, vegetación afectada, generación de ruidos, generación de residuos, etc.).

5.10.5. MODELO DE FICHA RESUMEN.

Nº DE REGISTRO:

1. DATOS DEL SOLICITANTE

NOMBRE Y APELLIDOS:		NIF O CIF:
DOMICILIO:		Nº
C P:	LOCALIDAD:	PROVINCIA:
TLF:	FAX:	EMAIL:

2. EMPLAZAMIENTO Y DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

DOMICILIO:		Nº
C P:	LOCALIDAD:	PROVINCIA:
DESTINO: (VIVIENDA, NAVE INDUSTRIAL, EDIFICIO)		
MARCA DE LA BOMBA DE CALOR:		
MODELO:	POTENCIA (KW):	

3. DATOS DE LA EMPRESA INSTALADORA

NOMBRE Y APELLIDOS O RAZON SOCIAL:		NIF O CIF:
DOMICILIO:		Nº
C P:	LOCALIDAD:	PROVINCIA:
TLF:	FAX:	EMAIL:

4. CUADRO CARACTERISTICAS DE LA PERFORACIÓN

EMPRESA PERFORADORA:									
DOMICILIO:									
C P:		LOCALIDAD:				PROVINCIA:			
TLF:		FAX:				EMAIL:			
Perforación	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Prof. m	Perforación	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Prof. m
Distancia mínima entre la perforación y la vivienda, edificio, nave:									
Tipo de relleno de las perforaciones:									
Fecha de inicio:					Plazo de ejecución:				

5. ANTICONGELANTE



TIPO DE ANTICONGELANTE:
CANTIDAD (LITROS):
DILUCION DE LA MEZCLA (%):
LONGITUD TOTAL DE LOS COLECTORES (m):

6. DOCUMENTACIÓN ANEJA

PLANO DE SITUACION:
PLANO DE LA LOCALIZACION DE LAS PERFORACIONES A ESCALA 1:500 O 1:1000

Murcia, a..... de..... de 2012

EL/LA SOLICITANTE

Los datos personales recogidos, serán tratados con su consentimiento informado en los términos del artículo 5 de la Ley Orgánica 15/ 1999, y de conformidad a los principios dispuestos en la misma y el la Ley 8/2001, de la Comunidad de Madrid, pudiendo ejercer el derecho de acceso, rectificación, cancelación y oposición ante el responsable del fichero. Para cualquier cuestión relacionada con esta materia, o si tiene usted alguna sugerencia que permita mejorar este impreso puede dirigirse al teléfono de información administrativa 012.

CONCLUSIONES





Las conclusiones a las que se han llegado durante la realización de este proyecto y que van a resolver muchos de los objetivos planteados en este son las que a continuación se van a definir:

1. La futura edificación será energética, ya que como se ha visto la normativa española de los últimos años a puesto ese camino director. Lo exige la certificación energética, el CTE, el RITE y las ordenanzas municipales.
2. Los combustibles fósiles cada vez incrementan más su precio. Por lo que la utilización de energías renovables en edificación es cada vez mayor no solo por el ahorro sino por la limitación de emisiones de CO₂ al ambiente, y con las renovables puede y debe conseguirse.
3. La integración de una instalación de energía renovable como es la energía geotérmica no implica una dificultad excesiva en su integración con la edificación. Aunque actualmente puede ser más cara que las instalaciones de energía renovables como pueden ser la fototérmica, fotovoltaica o la eólica.
4. Es necesario tener en cuenta que una envolvente adecuada y que cumpla con las condiciones impuestas por la normativa no implica la obtención de una calificación elevada al realizar una certificación energética.
5. Para obtener una calificación energética elevada teniendo en cuenta solo la envolvente del edificio sería necesaria una gran inversión en costes de construcción, y aún así no llegaría a los valores superiores de A y B en calificación.
6. Es necesario definir unas buenas instalaciones implicadas en la generación de calor, para que así la certificación energética sea elevada.
7. La comparativa entre un sistema de bomba de calor geotérmica con respecto a un sistema de energía solar fototérmica para aporte de ACS, implica una mejora del 52,7 % en el consumo de energía final anual en kWh y una disminución del 43,8% en la emisiones globales de CO₂ en kgCO₂/m².
8. En el caso en que el sistema a comparar con la bomba de calor geotérmica sea un sistema mixto de calefacción y ACS con caldera de gas, implica que con la instalación del primero se mejora en un 48% en el consumo de energía final anual en kWh y una disminución del 17% en la emisiones globales de CO₂ en kgCO₂/m².



9. La instalación para la vivienda unifamiliar en estudio ha sido capaz de obtener una certificación energética C, partiendo de una certificación energética E, sin cambios en la envolvente y únicamente colocando un sistema de calefacción a partir de una instalación con bomba de calor geotérmica.

A modo de información y no como conclusión se quiere indicar que tal como se indicó en los objetivos, finalmente en este proyecto se han realizado a modo de guía de utilización dos anexos para la utilización de los programas de cálculo oficiales para la obtención de los certificados energéticos en edificación (CALENER VYP), como para la adecuación de la limitación de la demanda energética (LIDER), no solo para el estudio de la vivienda en estudio en el proyecto sino para otras posibles ejemplos definiendo las dificultades y errores para la introducción de los datos en ellos.

BIBLIOGRAFÍA





BIBLIOGRAFIA

- Documentación “Curso Rehabilitación Energética en Edificios de Viviendas” del colegio de Arquitectos Técnicos e Ingenieros de edificación 2010 (Murcia)
- Documentación “Curso de geotermia de baja temperatura para instalaciones de climatización de viviendas” 2010 (Valencia)
- Documentación “Curso de Formación Especifica Certificación Energética en la Edificación” En la Universidad Politécnica UPCT. 2011 (Cartagena)
- “Guía de la Energía Geotérmica de la Comunidad de Madrid” – Guillermo Llopis Trillo/ Vicente Rodrigo Ángulo.
- “Sector Edificación y el Protocolo de Kyoto” Ministerio de la Vivienda 2007.
- “Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)”
- “Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2014. Sector Edificación” Ministerio de Economía, 2003
- “Energía Geotérmica de baja temperatura” de Antonio Creus Sole
- “VII Jornada anual 2010 Energía geotérmica. Análisis y prospectiva.
- “Manual Lider”
- “Manual Calener VyP”
- “CTE – Código Técnico de la Edificación”
- “DTIE 7.03” Entrada de datos a los programas LIDER y CALENER VyP
- “Evaluación del potencial de la energía geotérmica” IDAE
- “Plan de Energías Renovables 2010 – 2020”. IDAE
- “Guía práctica de la energía” consumo eficiente y responsable. IDAE



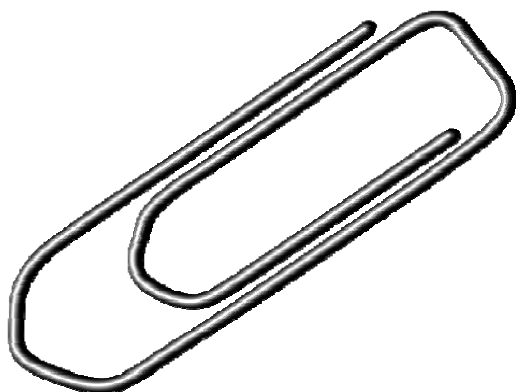
- “La energía en España 2008” IDAE
- “La energía en España 2009” IDAE
-

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

- “Centro de investigación de la geotermia”.
http://www.googlenergy.com/community/?page_id=137
- “Instituto de diversificación y ahorro de la energía” . <http://www.idae.es/>
- “Fundación energía de la Comunidad de Madrid”
<http://www.fenercom.com/>
- “Girod Geotermia” <http://www.girodgeotermia.com/>
- “Unión Española de Geotermia” <http://www.googlenergy.com>
- “Wikipedia” <http://es.wikipedia.org>
- “Geothermal Heat Pump Consortium” <http://www.geoexchange.org/>
- “Ingelco” <http://www.ingelco.es/>
- “Energía Geotermia” <http://www.energiageotermica.es/>
- “Investigación Geotérmica” <http://www.ingeo.es>
- “Geoprocal, Energía Renovable” <http://www.geoprocal.es/>
- “AEMA” <http://www.aemaenergia.es/geotermica.html>
- “Galaicontrol” <http://www.galaicontrol.com/>
- “Energesis” <http://www.energesis.es/>
- “Geocesa” <http://www.geocesa.com/>

ANEXOS:

1. Terminología y abreviaturas
2. Normativa aplicable
3. Planos
4. Guía para entrada de datos en LIDER
5. Guía para entrada de datos de CALENER VYP
6. Informes de Certificación energética obtenidos por CALENER VYP para cada uno de los casos en estudio.



ANEXO 1: TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS

S N P R T
A I A U A S H
J M U E C O



TERMINOLOGIA

Absorción: retención de un gas o vapor por un líquido o de un líquido por un sólido.

Absorción acústica, A: Cantidad de energía acústica, en m², absorbida por un objeto del campo acústico. Es función de la frecuencia.

Aislante no hidrófilo: aislante que tiene una succión o absorción de agua a corto plazo por inmersión parcial menor que 1kg/m² según ensayo UNE-EN 1609:1997 o una absorción de agua a largo plazo por inmersión total menor que el 5% según ensayo UNE-EN 12087:1997.

Aislante térmico: elemento que tiene una conductividad térmica menor que 0,060 W/(m·K) y una resistencia térmica mayor que 0,25 m²·K/W.

Calificación de eficiencia energética de un edificio: Expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

Cámara de aire ventilada: espacio de separación en la sección constructiva de una fachada o de una cubierta que permite la difusión del vapor de agua a través de aberturas al exterior dispuestas de forma que se garantiza la ventilación cruzada.

Capilaridad: fenómeno según el cual la superficie de un líquido en contacto con un sólido se eleva o se deprime debido a la fuerza resultante de atracciones entre las moléculas del líquido (cohesión) y las de éste con las del sólido (adhesión).

Cerramiento: Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

Certificado de eficiencia energética del edificio terminado: Documentación suscrita por la dirección facultativa de la obra como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del edificio terminado, señalada en la escala de eficiencia energética.

Certificación de eficiencia energética de proyecto: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del proyecto.



Condiciones higrotérmicas: Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.

Diferencia de niveles estandarizada en fachadas, en cubiertas, y en suelos en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$: Aislamiento acústico a ruido aéreo de una fachada, una cubierta o un suelo en contacto con el aire exterior, en dB, cuando la medida del nivel de ruido exterior, $L_{1,2m}$, se hace a 2 m frente a la fachada, la cubierta, o el suelo.

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles, $D_{2m,nT,Atr}$: Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una fachada, una cubierta, o un suelo en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$ para un ruido exterior de automóviles.

Eficiencia energética de un edificio: Consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación

Elemento constructivo: parte del edificio con una función independiente. Se entienden como tales los suelos, los muros, las fachadas y las cubiertas.

Elemento constructivo ligero: Elemento presentado en placas de densidad superficial 50 kg/m², o valores menores.

Entalpía: Es la cantidad de energía térmica que un fluido, o un objeto, puede intercambiar con su entorno. Se expresa en kJ/kg o en kcal/kg. Como no existen aparatos que determinen directamente la entalpía de un fluido en el subsuelo, pero sí existen sondas térmicas que miden la temperatura, y como la entalpía y la temperatura pueden considerarse, más o menos, proporcionales, la práctica habitual ha generalizado el empleo de las temperaturas de los fluidos geotermiales en lugar de sus contenidos en calor, pues, al fin y al cabo, son las temperaturas las que determinan su futura aplicación industrial.

Envolvente edificatoria: Se compone de todos los cerramientos del edificio.

Envolvente térmica: Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Espectro de frecuencias: Representación de la distribución de energía de un sonido en función de sus frecuencias componentes. Normalmente se expresa mediante niveles de presión o de potencia en bandas de tercio de octava o en bandas de octava.



Etiqueta de eficiencia energética: Distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto de un edificio o por el edificio terminado.

Fachada: Cerramiento perimétrico del edificio, vertical o con inclinación no mayor que 60º sobre la horizontal, que lo separa del exterior. Incluye tanto el muro de fachada como los huecos (puertas exteriores y ventanas).

Fachada ligera: Fachada continua y anclada a una estructura auxiliar, cuya masa por unidad de superficie es menor que 100 kg/m².

Grado de impermeabilidad: número indicador de la resistencia al paso del agua característica de una solución constructiva definido de tal manera que crece al crecer dicha resistencia y, en consecuencia, cuanto mayor sea la sollicitación de humedad mayor debe ser el grado de impermeabilidad de dicha solución para alcanzar el mismo resultado. La gradación se aplica a las soluciones de cada elemento constructivo de forma independiente a las de los demás elementos. Por lo tanto, las gradaciones de los distintos elementos no son necesariamente equivalentes: así, el grado 3 de un muro no tiene por qué equivaler al grado 3 de una fachada.

Higroscopicidad: propiedad de un material de absorber o ceder agua en función de la humedad relativa del ambiente en que se encuentra.

Higrotérmico: Puede definirse confort higrotérmico, o más propiamente comodidad higrotérmica (*en adelante CH*), como la ausencia de malestar térmico. En fisiología se dice que hay confort higrotérmico cuando no tienen que intervenir los mecanismos termoreguladores del cuerpo para una actividad sedentaria y con un ligero arropamiento. Esta situación puede registrarse mediante índices que no deben ser sobrepasados para que no se pongan en funcionamiento los sistemas termoreguladores (metabolismo, sudoración y otros).

Hoja principal: hoja de una fachada cuya función es la de soportar el resto de las hojas y componentes de la fachada, así como, en su caso desempeñar la función estructural.

Humedad relativa: Es la fracción de la presión de saturación que representa la presión parcial del vapor de agua en el espacio o ambiente exterior en estudio. Se tiene en cuenta en el cálculo de las condensaciones, superficiales e intersticiales en los cerramientos.

Índice de reducción acústica de un elemento constructivo, R: Aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo medido en laboratorio. Es función de la frecuencia.

Puente térmico: Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción,

ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías.

Reacción al fuego: Respuesta de un material al fuego medida en términos de su contribución al desarrollo del mismo con su propia combustión, bajo condiciones específicas de ensayo (DPC - DI2).

Resistencia al fuego: Capacidad de un elemento de construcción para mantener durante un período de tiempo determinado la función portante que le sea exigible, así como la integridad y/o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente (DPC - DI2)

Transmitancia térmica: Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Zona climática: En esta Sección se definen 12 zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión. Se excluyen las combinaciones imposibles para la climatología española.

ABREVIATURAS

$\theta \rightarrow$ Temperatura, en $^{\circ}\text{C}$

$\lambda \rightarrow$ Conductividad térmica, en W/mK

$\mu \rightarrow$ Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional

$f_{Rsi} \rightarrow$ Factor de temperatura de la superficie interior, adimensional

$f_{Rsi,min} \rightarrow$ Factor de temperatura de la superficie interior mínimo, adimensional

$P \rightarrow$ Presión de vapor del aire, en Pa

$R_n \rightarrow$ Resistencia térmica, en $\text{m}^2 \text{K/W}$

$U \rightarrow$ Transmitancia térmica, en $\text{W/m}^2\text{K}$

$\alpha \rightarrow$ Coeficiente de absorción acústica

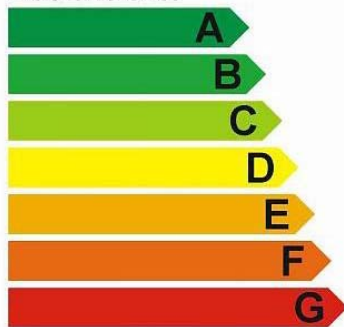
$R \rightarrow$ Índice de reducción acústica de un elemento constructivo, [dB]

ANEXO 2: NORMATIVA

CTE

**CÓDIGO TÉCNICO
DE LA EDIFICACIÓN**

Más eficiente



Menos eficiente



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



IDAE
Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía



Las normas o reglamentos que se han tenido en cuenta para la redacción de este trabajo fin de curso y que se aplicarán en la ejecución de la instalación son fundamentalmente las siguientes:

- ✓ **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)** y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), aprobado por RD 1027/2007 del 20 de julio.
- ✓ **REAL DECRETO 1371/2007**, de 19 de octubre, Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico.
- ✓ **REAL DECRETO 314/2006**, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- ✓ **Reglamento de Aparatos a Presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-MIE-AP)**, aprobado por el R.D. 1244/1979, DE 4 DE Abril y modificado por el R.D. 507/1982, de 15 de Enero y el R.D. 1504/1990, de 23 de Noviembre.
- ✓ **Código técnico de la Edificación** documento DB-HE: Ahorro de energía.
- ✓ **Código técnico de la Edificación** documento DB-SI: Seguridad en caso de incendio.
- ✓ **Norma Básica de la Edificación NBE CA-88** Condiciones Acústicas en los Edificios, aprobada por el R.D. 1909/1981, modificada por el R.D. 2215/1982, Orden del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de 29 de septiembre de 1988
- ✓ **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión** según R.D. 842/2002, de 2 de Agosto.
- ✓ **Real Decreto 865/2003**, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- ✓ **REAL DECRETO 1627/97**, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- ✓ Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI), incluidas dentro del CTE.
- ✓ Ley 10/1991 de 4 de Abril para Protección del Medio Ambiente.
- ✓ Directiva del Consejo 93/76/CEE referente a la limitación de las emisiones de dióxido de Carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE).
- ✓ Todas las Normas UNE y de la CEE a las que se hace referencia en el RITE.

El cambio climático viene siendo una realidad, los científicos (IPCC, ONU) fueron los primeros que pusieron en evidencia las consecuencias (calentamiento global, efecto invernadero, agotamiento recursos renovables), desde la incorporación de la problemática a las políticas mundiales (convenio marco, protocolo de Kyoto,) y principalmente desde la postura Europea (club de Roma, carta de Aalborg, conferencia de Bonn, informe Stern), se han extendido los efectos en los ámbitos socioeconómicos.

El modelo energético vigente es sin duda el principal eje abordable, actualmente basado en el consumo de combustibles fósiles (el mayor porcentaje de



electricidad y de producción de calor viene de combustión fósil) con su respectivo impacto (emisiones de rendimiento productivo, transporte y rendimiento en uso) y sin limitación de la demanda energética.

El sector de la edificación representa cerca de un 40% de las emisiones globales a efecto invernadero y resultan ser el sector menos concienciado y donde menos se ha actuado estas ultimas decadas. La Unión Europea exige de sus miembros una mejor adecuación a los nuevos reglamentos y ordenanzas que introducen importantes cambios en el sector de la construcción, cambios tecnologicos y de conciencia.

A continuación se detallarán los aspectos mas relavantes de algunas de las normativas anteriormente indicadas, aquellas que son más relevantes en terminos de eficiencia energética

❖ DOCUMENTO BÁSICO (HE) - AHORRO DE ENERGÍA

- DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA DEL CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN (CTE): RD 314/2006 de 17 de marzo de 2006.

La entrada en vigor del CTE es la contribución de España en este sentido y un primer paso hacia una mayor sostenibilidad. Puede o debe ser reforzado con una visión global de cada proyecto y una actuación integral que garantiza todavía una mayor disminución de los impactos ambientales. Las dos premisas de actuación son la “calidad de la energía” y la “eficiencia energética”.

El Documento Básico (DB) de Ahorro de energía, tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía.

Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas HE 1 a HE 5. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente.

- HE – 1: Limitación de demanda energética
- HE – 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE – 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE – 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE – 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Ahorro de energía".



El objetivo del requisito básico “Ahorro de Energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo. Dentro del ahorro de energía, una parte de vital importancia es la limitación de la demanda de energética del edificio. En ese sentido, el código técnico dispone que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno.

El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Los responsables del cumplimiento del CTE son todos aquellos agentes que intervienen en el proceso de edificación en la medida en que afecte a su intervención.

❖ CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

■ DIRECTIVA 2002/91/CE

Esta normativa europea relativa a la eficiencia energética de los edificios que establece la obligación de poner a disposición de los consumidores de instrumentos que les permitan conocer la valoración energética de los edificios, esto es su valoración desde la perspectiva de la eficiencia energética, con la finalidad de que a partir del conocimiento de este dato se pueda integrar el componente medioambiental como un elemento más en la toma de decisiones, así como poder realizar comparaciones, para en último término las decisiones del consumidor promuevan la construcción de edificios de elevada eficiencia energética

■ REAL DECRETO 47/2007 de 19 de enero

Por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Entró en vigor el día 1 de noviembre de 2007.

A partir de dicha fecha era obligatorio que toda vivienda de nueva construcción contara con un certificado de eficiencia energética, el cual debía ponerse a disposición de los compradores y usuarios de dichas viviendas.



La presente norma, tiene su origen en la transposición de la Directiva 2002/91/CE.

En resumen, el RD 47/2007 determina cual el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios nuevos y deja claro que tendrá que ser desarrollado por el órgano correspondiente de cada una de las Comunidades Autónomas. Éstas tendrán que llevar el registro de las certificaciones energéticas en su ámbito territorial correspondiente, así como de realizar el control y la inspección. Esta normativa quedó derogada por el RD 235/2013 anteriormente indicado

- **DIRECTIVA 2010/31/UE**

DIRECTIVA 2010/31/UE de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Se establecieron los requisitos mínimos de eficiencia energética no solo de los edificios de nueva construcción sino también de los edificios existentes, estableciendo requisitos mínimos de eficiencia energética no sólo en los edificios que sean objeto de reformas importantes, sino también en *aquellos elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de tal envolvente cuando se modernicen o sustituyan; y en las instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren.*

A su vez, se establecieron los requisitos mínimos de los planes nacionales destinados a promover el aumento del número de **edificios de consumo de energía casi nulo**. y los requisitos de los sistemas de control independientes de la certificación

- **REAL DECRETO 235/2013 de 13 de abril de 2013**

Transpone la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010 y refundiendo el RD 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Mediante él, se incorpora la obligación de construcción de edificios con “consumo casi nulo” a partir del 31 de diciembre de 2020, plazo que se adelanta dos años en el caso de los edificios públicos, al estar directamente relacionado con las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Introduce un Procedimiento Básico para el cálculo de la calificación de la eficiencia energética de los edificios, considerando aquellos factores con mayor incidencia en el consumo energético como podrían ser la envolvente del edificio, las instalaciones de agua, luz y calefacción, los sistemas de puertas y ventanas, entre otros.



Este RD establece la obligación, a partir del 1 de junio de 2013, de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que incluya información objetiva con la que poder comparar y evaluar la oferta inmobiliaria existente, pretendiendo favorecer la promoción de edificaciones de alta eficiencia energética y el ahorro del consumo de energía.

❖ INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

Se va a detallar diferentes normativas específicas a las instalaciones geotérmicas, siendo algunas de ellas características de determinadas comunidades autónomas pero que puede servir de guía y de hecho así lo hacen:

- **NORMATIVA PARA INSTALACIONES GEOTÉRMICAS DE BAJA ENTALPÍA APLICADAS A CLIMATIZACIÓN DE VIVIENDAS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

En dicha comunidad autónoma existe una normativa específica relativa adichas instalaciones indicando las características y pasos a seguir en cuanto a la redacción , tramitación y pruebas a realizar a dichas instalaciones.

- **REGLAMENTO GENERAL DE NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD MINERA.R.D. 863/1985 de 2 de abril.**

La realización de la perforación requiere la autorización desde el punto de vista de la seguridad minera mediante la presentación de un proyecto según las prescripciones recogidas en las normas básicas de seguridad minera. Dicha autorización depende de la comunidad autónoma donde se realice la operación.

- **INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL CAPITULO VI DEL R.G.N.B.S.M. R.D.863/1995.**
- **EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Ley 2/2002, de 19 de junio.**

Las características particulares que puede suponer la perforación requerirá previamente que el organismo competente en materia medioambiental se pronuncie sobre los trámites a seguir según su afección al medio ambiente.

- **NORMATIVA ALEMANA: VDI 4640**

Consta de 4 partes sobre la utilización térmica del suelo:

- Fundamentos, permisos, aspectos ambientales

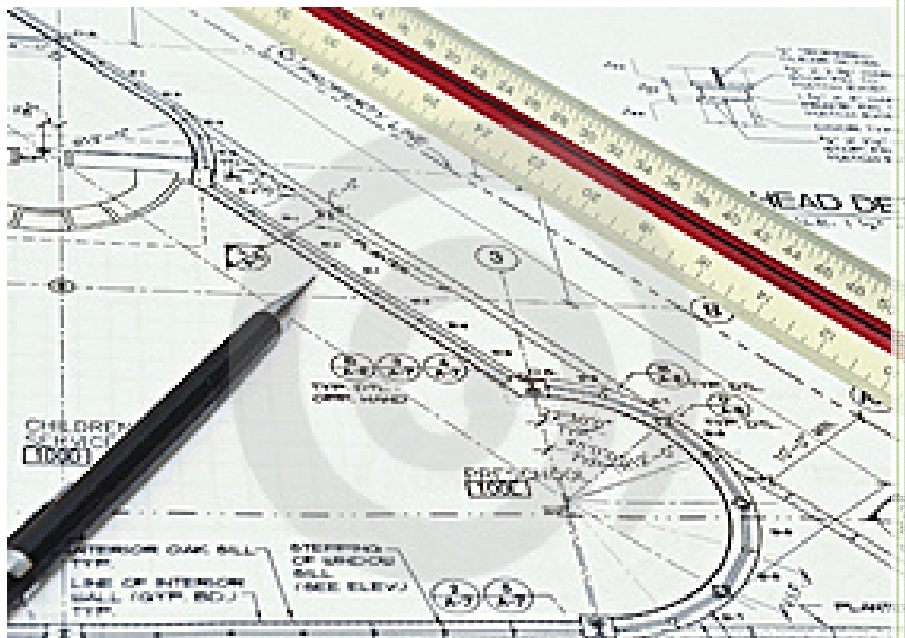


- Sistemas geotérmicos
- Almacenamiento de energía en el subsuelo
- Utilizaciones directas.

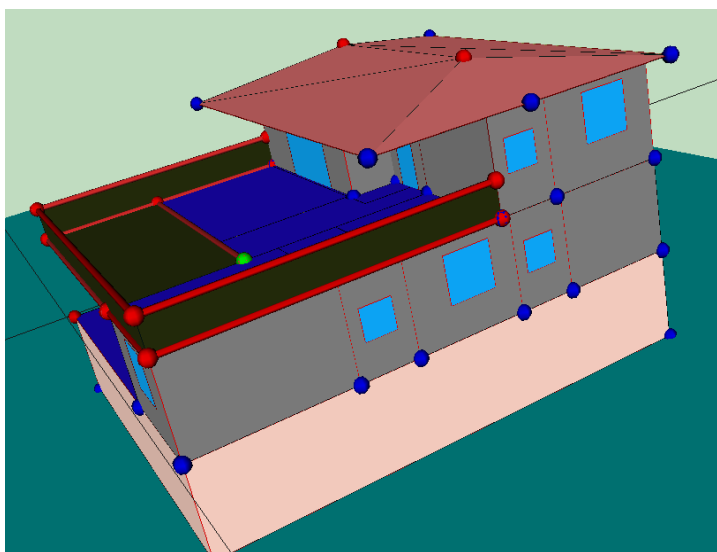
Además ofrece información sobre:

- Sistemas geotérmicos diferentes
- Instalación de los sistemas
- Dimensionamiento de los sistemas
- Bomba de calor
- Formas de almacenamiento térmico.
- Valores para estimar las propiedades de suelos como conductividad y capacidad térmica.

ANEXO 3: PLANOS



ANEXO 4: GUÍA DE ENTRADA DE DATOS EN LIDER EJEMPLO





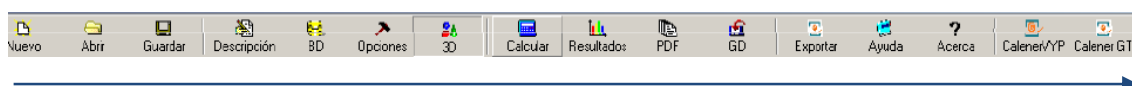
ENTRADA DE DATOS EN LIDER, INTRODUCCION EJEMPLO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR




Esta parte del proyecto intenta ayudar a los posibles usuarios de el programa LIDER y CALENER VyP en su labor de comprobación del cumplimiento del código técnico de la edificación en su documento básico de Ahorro de Energía (CTE-HE1) y en la certificación energética de edificios de nueva construcción, residenciales y pequeños edificios terciarios respectivamente, regulado bajo el real decreto 47/2007 del BOE del 31 de enero de 2007, trabajando sobre las versiones del 31 de octubre del 2007.

El programa LIDER (Limitación de la Demanda Energética) es una de las opciones que la administración facilita para comprobar que los edificios de nueva construcción, dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitarlas pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

INTRODUCCION DE DATOS EN LIDER

El orden de introducción de datos es el de la barra de tareas.



Como cualquier aplicación bajo Windows, al iniciar el programa tenemos la posibilidad de crear un proyecto nuevo  Nuevo o de abrir uno ya existente  Abrir, así como guardar el proyecto  Guardar.

Dado que no existe la opción de “deshacer” es recomendable guardar frecuentemente el proyecto y emplear distintos nombres (xxxx01, xxxx02, etc.) cada vez que se haya conseguido realizar un avance importante en el trabajo.

Otro defecto con margen de mejora además de la opción de deshacer, es que en cada pantalla que abramos, una vez rellenados todos los datos le tendremos que dar al cuadro de aceptar que tenemos en la parte inferior derecha, ya que si no le damos a dicho botón no se guardará ningún dato que hayamos introducido

INTRODUCCIÓN DE DATOS EN LÍDER. DESCRIPCIÓN



El primer paso al comenzar un proyecto nuevo es rellenar el formulario de “Descripción”.

Al clicar sobre el botón de descripción se abre una pantalla en la que debemos de proporcionar los datos generales del proyecto:

- *Zona climática.*

- *Orientación y tipo de edificio:*

La orientación de nuestra vivienda se obtiene midiendo el ángulo que existe entre el norte y la línea que marca la perpendicular a la fachada de nuestro edificio medida de izquierda a derecha

El siguiente dato a introducir es el tipo de edificio entre tres posibilidades: Vivienda unifamiliar, en bloque o edificio terciario. Esta opción es importante para exportar adecuadamente la información al programa Calener.

Si en edificio existen espacios con distintos usos (residencial y terciario), debe marcarse la opción de “Edificio sector terciario, pequeño o mediano”.

- Clase por defecto de los espacios habitables: la información que aquí se proporciona es la que se asignará por defecto a los espacios generados. Por ello deben proporcionar las características de los espacios más frecuentes en el proyecto. Por ejemplo, si se trata de un edificio de varias plantas de viviendas con locales comerciales en planta baja, la mayoría de los espacios serán de uso residencial, por lo que, aunque al definir el tipo de edificio diremos que es de sector terciario, al definir la clase por defecto de los espacios marcaremos la opción “Residencial”. Así cuando se definan los espacios sólo será necesario editar los de la planta baja para cambiar su uso a terciario.
- Datos del proyecto.
- Datos del autor


INTRODUCCION DE DATOS EN LIDER. BASE DE DATOS



En la base de datos se almacena la información relativa a los materiales usados en el proyecto.

- Base de datos del programa: Contiene información de procedencia contrastada, que no es necesario justificar.
- Base de datos del usuario: Si en el proyecto se emplean materiales que no se encuentran en la base de datos del programa será necesario justificar sus propiedades. Es recomendable guardar la información de esos materiales en una nueva base de datos, distinta a la del programa.
- Todos los elementos de las bases de datos que se vayan a utilizar en el proyecto deben ser cargados, antes de definir el edificio, desde la opción base de datos.



- Al pulsar el botón  se inicia el gestor de la base de datos con lo que denomina la base de datos del edificio.
- Base de datos del edificio: inicialmente está vacía. Importando la información contenida en la base de datos del programa (o la del usuario si fuera necesario) se crea la base de datos del edificio, en la que se debe definir la composición de los cerramientos y huecos empleados en el proyecto.
- Cuando se prevea utilizar en más de un edificio un mismo tipo de hueco o cerramiento, es posible guardar las composiciones generadas en bases de datos de usuario que pueden ser cargadas posteriormente. Así se evita tener que definir la misma composición de cerramientos (o huecos) cada vez que se inicia un nuevo proyecto.

Ahora introducimos los datos que tenemos en el cuadro inferior en la base de datos de LIDER.

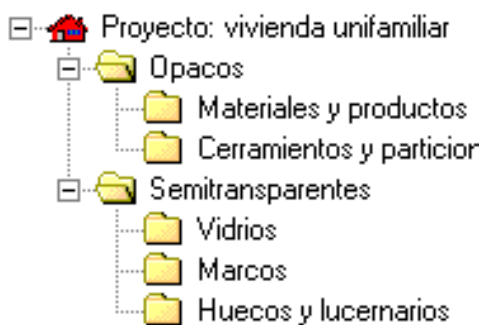
EJEMPLO DE COMPOSICION DE CERRAMIENTOS DE VIVIENDA (datos)

NOMBRE	MATERIAL	ESPESOR (m)
Cubierta	Teja cerámica-porcelana	0,020
	Betún fieltro o lámina	0,020
	FU entrevigado de hormigón - canto 250 mm	0,250
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado de cubierta	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	MW lana mineral [0,04 W/(mK)]	0,040
	FR entrevigado cerámico – Canto 250 mm	0,250
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado entre plantas	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020
	FR entrevigado cerámico – Canto 250 mm	0,250
	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado de sótano	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000	0,020



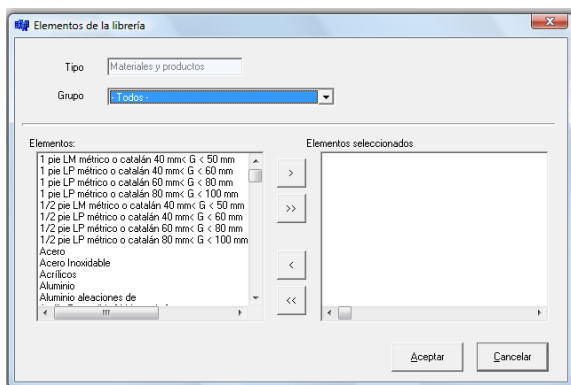
	2000 EPS poliestireno expandido [0,037 W/(mK)] FR entrevigado cerámico – Canto 250 mm	0,040 0,250
Solera	Plaqueta o baldosa cerámica Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000 Hormigón armado d > 2500	0,015 0,020 0,200
Muro exterior	Mortero de cemento o cal para ... 1800 < d < 2000 ½ pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm EPS poliestireno expandido [0,037 W/(mK)] Tabique de LH sencillo [40 mm < E < 60 mm] Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015 0,115 0,070 0,040 0,020
Muro terreno	Betún fieltro o lámina Hormigón armado d > 2500 Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020 0,200 0,020
Tabique	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 Tabique de LH sencillo [40 mm < E < 60 mm] Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015 0,040 0,015

Si no existe medianera, o si no se tiene datos de ella, se puede tomar la misma composición que para el muro exterior.



Como ya hemos dicho anteriormente una vez clicado el botón de base de datos nos aparece el nombre de nuestro proyecto y la librería está vacía, por lo que tenemos que cargar nuestros materiales

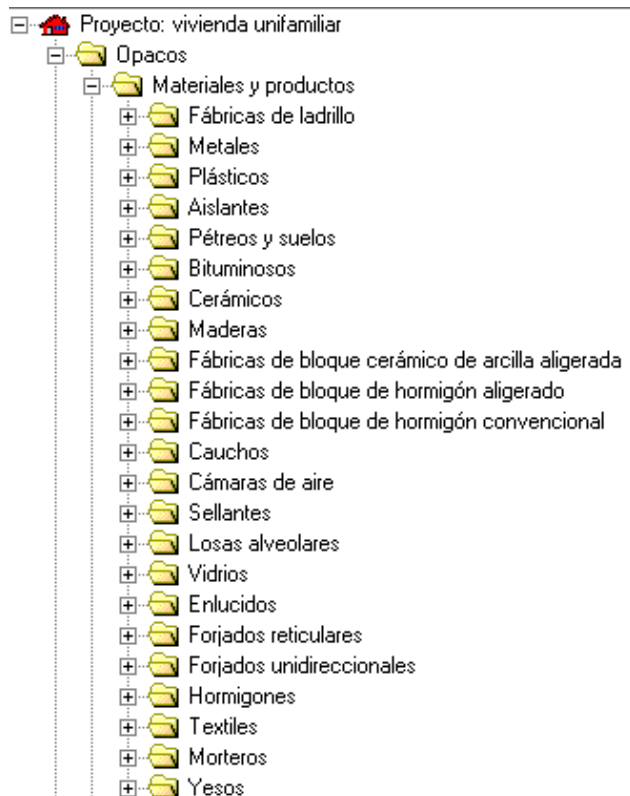
Primero insertamos los materiales y productos:



Podemos insertar solo los materiales que necesitamos para hacer nuestra composición de cerramientos clicando sobre el material y después sobre la flecha única que indica hacia la derecha.



O también podemos insertar todos los materiales de la librería y luego en la composición de cerramientos yo elegiré el que necesite.



Una vez cargada la lista de materiales que teníamos en líder nos aparece una pestaña desplegable donde nos indican todos los materiales y productos que tiene por defecto LIDER en el programa.

Ahora ya podemos hacer nuestra composición de cerramientos, por lo tanto, nos vamos a cerramientos y particiones interiores y le damos a crear grupo de cerramiento.

El nombre del grupo es irrelevante yo le pondré mis cerramientos.

Una vez creada la subcarpeta de cerramientos empiezo a crear todos los cerramientos que forman parte de la edificación

A cada uno de los cerramientos se le asigna el nombre correspondiente, por ejemplo: cubierta y se añaden todas las capas que tiene la cubierta con todos sus espesores. Es importante conservar el orden de los elementos ya que dicho orden se organiza desde el interior al exterior.

La introducción de cada material es muy sencilla, primero tenemos que elegir el grupo material y después el material que necesitamos específicamente, por ultimo introducimos el espesor y clicamos en añadir y así con todas las capas. A continuación le damos a aceptar y el cerramiento cubierta quedará incluido en mis cerramientos. Y así con todos los cerramientos que tenemos en la tabla superior. Teniendo en cuenta que **el número de capas está restringido.**

A continuación se pueden ver diferentes ejemplos de cerramientos que se han introducido en LIDER.

- **Forjado de cubierta:**

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: Otro

Nombre: Forjado cubierta

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]	0,040	0,038	30	1000	
3	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Material: Enlucidos
 Material: Enlucido de yeso 1000 < d < 1300
 0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,70 W/(m²K)

Aceptar

Al nombre de los cerramientos debemos de ponerle un guión bajo o un guión enlazando las palabras, ya que si no ponemos ese guión y insertamos en el nombre dos palabras separadas puede ocasionar un error en el programa.

Utilizamos el mismo proceso para los siguientes cerramientos:

- **Forjado entre plantas:**

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: MIS CERRAMIENTOS EJEMPLO 1

Nombre: Forjado entre plantas

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Material: Aislantes
 Material: Arcilla Expandida [árido suelto]
 0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 2,58 W/(m²K)

Aceptar

- **Forjado sótano:**

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores |

Grupo Otro

Nombre Forjado sótano

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040	0,038	30	1000	
4	FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250	1,640	1660	1000	
5						

Grupo Material Forjados reticulares

Material FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm

0,250 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,71 W/(m²K)

Aceptar

- **Solera:**

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores |

Grupo MIS CERRAMIENTOS EJEMPLO 1

Nombre Solera

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,300	1900	1000	
3	Hormigón armado d > 2500	0,200	2,500	2600	1000	
4						

Grupo Material Aislantes

Material Arcilla Expandida [árido suelto]

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 3,57 W/(m²K)

Aceptar

- **Muro exterior:**

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores |

Grupo MIS CERRAMIENTOS EJEMPLO 1

Nombre

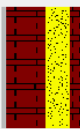
Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	
2	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,115	0,512	900	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,070	0,038	30	1000	
4	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	0,040	0,445	1000	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
6						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)



- **Muro terreno:**

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores |

Grupo MIS CERRAMIENTOS EJEMPLO 1

Nombre


Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Betún fletro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
2	Hormigón armado d > 2500	0,200	2,500	2600	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,550	1125	1000	
4						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)





- Tabique:

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores |

Grupo MIS CERRAMIENTOS EJEMPLO 1

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015	0,570	1150	1000	
2	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	0,040	0,445	1000	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

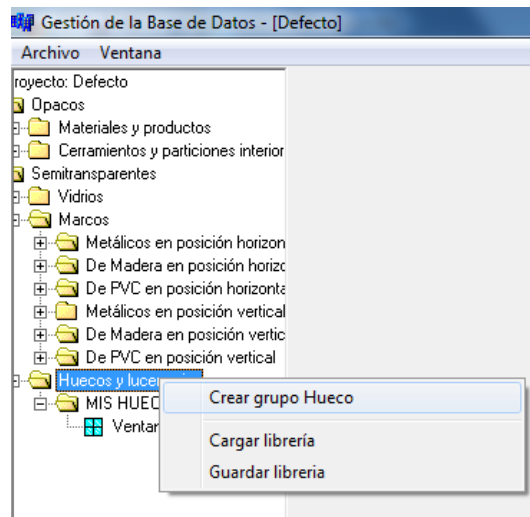
Una vez creados los cerramientos también tendré que crear los huecos ya sean ventanas, puertas, lucernario, etc.



Una vez introducidos todos los cerramientos de mi vivienda nos quedaría un árbol como el de la figura superior. Si queremos guardar estos cerramientos en la librería para otras viviendas nos situamos con el cursor encima de cerramientos y particiones clicamos con el botón derecho y guardamos librería.

Ahora una vez ejecutados los cerramientos de mi vivienda introducimos las dimensiones de las ventanas y las puertas. Primero cargamos la librería de vidrios y marcos y posteriormente nos ponemos en huecos y lucernarios con el botón derecho y creamos grupo hueco, poniéndole el nombre que nosotros queramos.

Por lo tanto, se clicla con el botón derecho en huecos y lucernarios y le doy a “crear grupo hueco” el cual podré poner el nombre del grupo que vea oportuno.



Para crear las ventanas o lucernarios es necesario conocer las características y tipos de estas. En nuestro ejemplo tenemos dos tipos de huecos diferentes.

VENTANAS:

Todas las ventanas están compuestas del mismo vidrio y el mismo tipo de marco, pero existen 3 tamaños distintos de ventana, de forma que el porcentaje ocupado por el marco en cada uno de ellos es distinto.

Los materiales empleados en las ventanas son:

- Grupo vidrio: doble bajo emisivo 0.03-0.1 en posición vertical.
- Vidrio: VER_DB2_4-6-4.
- Grupo marco: metálicos en posición vertical.
- Marco: VER_ con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm.
-

Los tamaños de las ventanas (ancho x alto) y el porcentaje ocupado por el marco en cada caso (ventana de doble hoja corredera, con marco de 5 cm) son:

- Ventana 2x1.5 → 16% marco.
- Ventana 1.5x1.5 → 19.11% marco.
- Ventana 1x1 → 28 marco.



- Ventana 1:

Opacos Semitransparentes

Vidrios Marcos Huecos y lucernarios

Grupo MIS HUECOS EJEMPLO 1

Nombre Ventana 1

Propiedades

Grupo Vidrio Dobles bajo emisivos 0.03-0.1 en posición vertic

Vidrio VER_DB2_4-6-4

Grupo Marco Metálicos en posición vertical

Marco VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12

% cubierto por el marco 16,00 ☐ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire 50,00 m²/hm² a 100 Pa

- Ventana 2:

Opacos Semitransparentes

Vidrios Marcos Huecos y lucernarios

Grupo MIS HUECOS EJEMPLO 1

Nombre Ventana 1

Propiedades

Grupo Vidrio Dobles bajo emisivos 0.03-0.1 en posición vertic

Vidrio VER_DB2_4-6-4

Grupo Marco Metálicos en posición vertical

Marco VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12

% cubierto por el marco 16,00 ☐ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire 50,00 m²/hm² a 100 Pa

- Ventana 3:

Opacos Semitransparentes

Vidrios Marcos Huecos y lucernarios

Grupo MIS HUECOS EJEMPLO 1

Nombre Ventana 3

Propiedades

Grupo Vidrio Dobles bajo emisivos 0.03-0.1 en posición vertic

Vidrio VER_DB2_4-6-4

Grupo Marco Metálicos en posición vertical

Marco VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12

% cubierto por el marco 28,00 ☐ ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire 50,00 m²/hm² a 100 Pa



PUERTAS:

Para crear las puertas le damos otra vez con el botón derecho encima de huecos y lucernarios y clicamos en crear grupo hueco, y le llamamos a la carpeta puertas, en la carpeta de puertas insertamos las puertas que tiene la edificación.

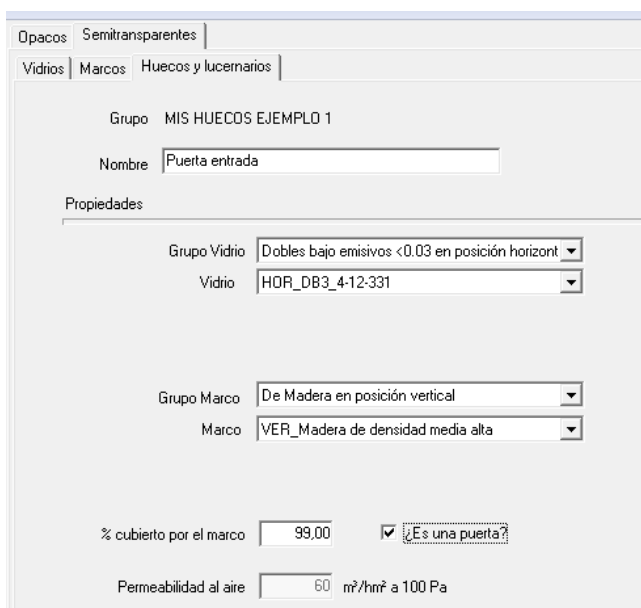
NOTA:

Para elegir las puertas existen dos posibilidades:

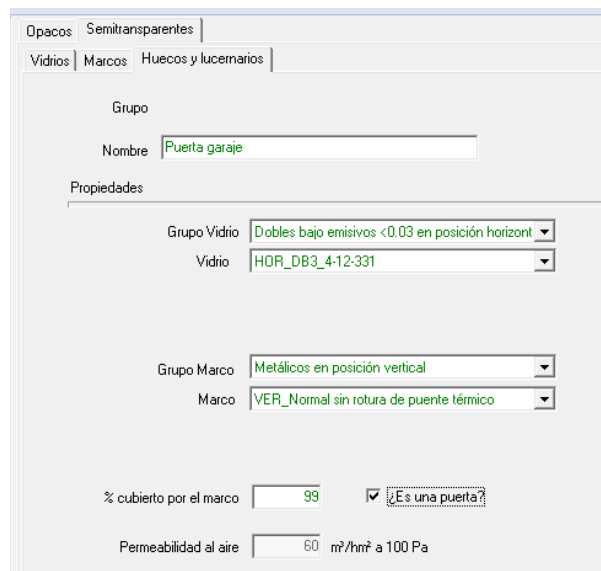
- 1) Elegir un vidrio cualquiera y un marco cualquiera que se corresponda con el material de la puerta (si es necesario se puede definir un nuevo material) y especificar que un 100% del hueco está cubierto por el marco (si la geometría se va a exportar a CALENER GT existe un problema de incompatibilidad por el que no se puede asignar un 100% del marco al hueco, por lo que habrá que bajarlo al 99%).
- 2) Definir un nuevo vidrio, cuyas propiedades sean las del material de la puerta y elegir un marco cualesquiera al que se le asignará un 0% del hueco.

En nuestro caso optaremos por la primera opción. Los materiales de las puertas son:

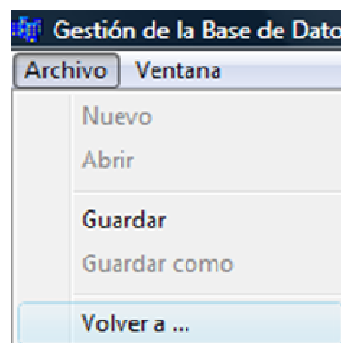
- Puerta entrada:
 - Grupo de vidrio: cualquiera
 - Vidrio: cualquiera
 - Grupo de marco: de madera en posición vertical
 - Marco: VER_ madera de densidad media alta.



- Puerta de garaje:
- Grupo de vidrio: cualquiera
- Vidrio: cualquiera
- Grupo de marco: de metálico en posición vertical
- Marco: VER_ normal sin rotura de puente térmico.



Una vez definidos todos los elementos de huecos y lucernarios se guardan para poder utilizar en otros proyecto como ha indicado anteriormente para los cerramientos.



Por último una vez definida toda la base de datos, se guarda antes de salirnos de ella, a partir del botón "Archivo>Guardar". Y para salir se elegirá dentro del Archivo la opción "volver a".

INTRODUCCION DE DATOS EN LIDER → OPCIONES

En esta pestaña podemos encontrarnos las siguientes características para mejorarnos el trabajo:



En este formulario se definen las opciones generales del programa y se incluyen datos que serán usados como valores por defecto para los cerramientos. La información se agrupa en las pestañas:

Espacio de trabajo:

En los Items “dimensiones del espacio de trabajo” y “esferas de atracción” se proporciona información que condicionará el funcionamiento de la herramienta de dibujo programa.

- Dimensiones del espacio de trabajo

Como podemos ver en la fotografía en la parte central tenemos las dimensiones que le vamos a dar a nuestro espacio de trabajo, en este caso son 60 x 60 metros, depende del volumen de nuestra obra se podrá ampliar o reducir. Y también tenemos el nivel al que va a estar el espacio que hemos dimensionado. Por último podemos escoger el color de la superficie del espacio, este dato es más estético y poco relevante, se puede utilizar según guste.

Cuando realizamos un sótano y creamos la planta a una cota negativa, cuando la dibujamos en la pantalla 3D no podremos ver dichos puntos, ya que debemos de poner el espacio de trabajo a dicha cota negativa para así poder ver lo que estamos dibujando.

- Esferas de atracción:

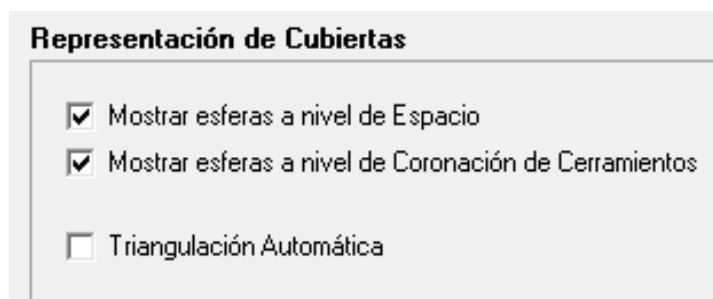


Las esferas de atracción simplemente son los puntos que vamos colocando en la pantalla 3D mediante las coordenadas que vamos introduciendo mediante la tabla de coordenadas.

Las esferas de atracción son esferas que se sitúan en la intersección de dos o tres rectas que forman un plano o un espacio respectivamente, bien estas esferas se pueden reducir o ampliar según nos convengan, son esferas de atracción porque cuando clicamos con el cursor cerca de la esfera, el programa reconocerá que se le a clicado en la intersección de las rectas por eso se llaman de atracción.

Si los puntos se introducen con el ratón, sería necesario poner las esferas de atracción más pequeñas por ejemplo a 0,25 ya que si clicamos en dos puntos muy cercanos y la esfera de atracción es muy grande al final no seremos exactos. Por este tema es aconsejable utilizar siempre la tabla de coordenadas para insertar los puntos.

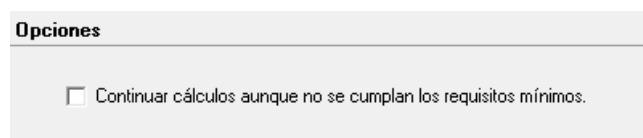
- Representación de Cubiertas:



La triangulación automática la utilizaremos en la realización de cubiertas, ya que esta opción nos facilitará mucho el trabajo.

- Opciones de cálculo

Se puede activar una opción para que el programa continúe con los cálculos aunque no se cumplan los requisitos mínimos de la HE1 (tabla 2.1). Dado que son requisitos de obligado cumplimiento, en general, no es recomendable activar esta opción.



- Construcción:

En "Cerramientos y particiones interiores" se da la información sobre la composición de cerramiento que se asignará por defecto en función de su uso



(muro exterior, medianera, etc.). De nuevo es muy interesante que, en caso de que se empleen varias composiciones distintas para un mismo uso (por ejemplo, una de las fachadas exteriores del edificio usa un muro distinto al de las demás), aquí se definan los datos de la composición más frecuente.

<p>Muro: Muros de fachada. Verticales y rectangulares.</p> <p>Composición tipo "muro" Muro exterior</p> <hr/> <p>Hueco</p> <p>Composición del "hueco" Ventana 1</p> <p>Altura del hueco 1,00 m</p> <p>Anchura del hueco 1,00 m</p> <p>Posición Y respecto al suelo 1,00 m</p> <p>Retranqueo 0,00 m</p> <p>Protección solar ...</p> <hr/> <p>Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior: Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior.</p> <p>Composición tipo "cerramiento horizontal" Forjado cubierta</p> <hr/> <p>Cerramiento o partición interior geoméricamente singular. Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc.</p> <p>Composición tipo "cerramiento singular" Cubierta</p>	<p>Medianería</p> <p>Composición tipo "medianería" Muro exterior</p> <hr/> <p>Suelo en contacto con el terreno</p> <p>Composición tipo "suelo en contacto con el terreno" Forjado sótano</p> <p><input type="checkbox"/> Aislamiento perimetral</p> <p>D 0,0 m</p> <p>Ra 0,0 m²K/W</p> <hr/> <p>Muro en contacto con el terreno</p> <p>Composición tipo "muro en contacto con el terreno" Muro terreno</p> <hr/> <p>Partición interior horizontal</p> <p>Composición tipo "partición interior horizontal" Forjado entre plantas</p> <hr/> <p>Partición interior vertical</p> <p>Composición tipo "partición interior vertical" Tabique</p>
---	---

Una vez rellenado los cuadros con los elementos más representativos (que más se repiten en nuestro edificio) que habíamos generado en la librería, los resultados se quedarían como en el cuadro de la parte superior.

Cuando estén rellenos los cuadros no olvidar nunca darle a aceptar ya que si no le damos a aceptar los datos no se guardaran.

En "puentes térmicos" se debe definir el tipo de puentes térmicos que aparecen en el proyecto. Se elegirán aquellos que más se ajusten a la composición de cerramientos facilitada. Es necesario especificar en cada espacio el nº de pilares integrados en la fachada.

Si se cierra el proyecto, un mal funcionamiento del programa hace que, aunque se hayan salvado los cambios realizados, todos los valores de puentes térmicos vuelvan a los que tiene definidos por defecto el programa, por lo que será necesario volver a definir sus valores al abrir de nuevo el proyecto.

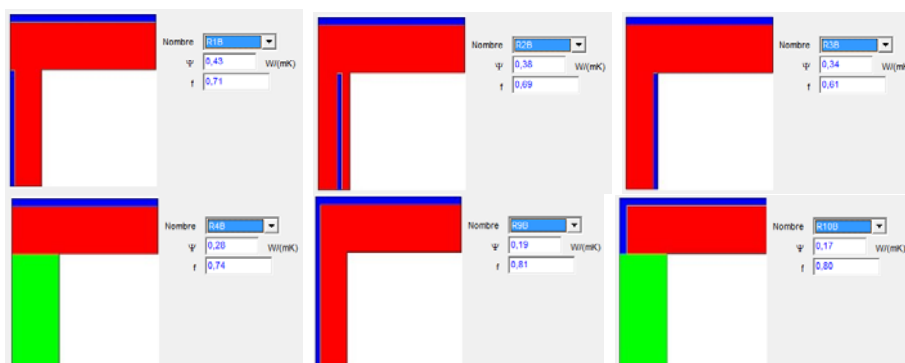
- PUENTE TÉRMICO ENCUESTRO FORJADO - FACHADA:



- PUENTE TÉRMICO ENCUESTRO SUELO EXTERIOR - FACHADA:



- PUENTE TÉRMICO ENCUESTRO CUBIERTA - FACHADA:



CALCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE DE NUESTRA VIVIENDA

Al tratarse de uso residencia, las renovaciones de aire se obtienen a partir de los caudales de ventilación exigidos por el CTE, en concreto, usando los valores establecidos en la tabla 2.1 de la exigencia básica HS3: calidad del aire interior (documento básico HS: salubridad)

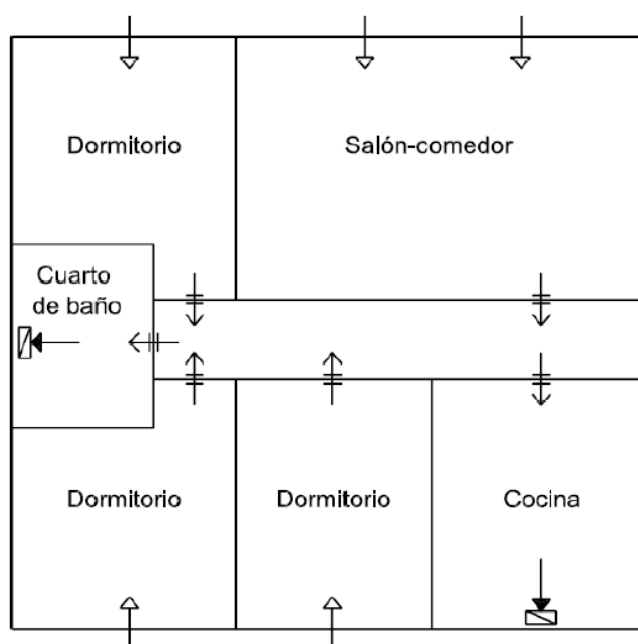
Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por local ⁽²⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

1) En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

2) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Para aplicar esta tabla es necesario tener en cuenta que, de acuerdo con el CTE, “el aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción; las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso”.





En nuestro caso, las zonas afectadas de la entrada de aire serán el salón y los 4 dormitorios, mientras que como las zonas de salida de aire tenemos la cocina y 4 cuartos de baño.

El CTE no especifica cuando un dormitorio se considera sencillo y cuando se considera doble. En muchas ocasiones existe normativa local o regional que lo especifica, pero en nuestra región no está regulado. Se suele aceptar que, para que un dormitorio pueda considerarse doble, debe tener una superficie mínima de 8 m^2 , aunque en muchos casos se exigen al menos 10 m^2 . A modo de ejemplo, si todos los dormitorios tienen más de 13 m^2 , se considerarán todos dobles.

Zonas de entrada de aire \rightarrow caudal total de ventilación de 64 l/s

- Dormitorios: 4 dormitorios dobles $\rightarrow 4 \cdot 2 \cdot 5 = 40 \text{ l/s}$
- Salón: el número de ocupantes se considerara igual al contabilizado para todos los dormitorios de la vivienda $\rightarrow 8 \cdot 3 = 24 \text{ l/s}$

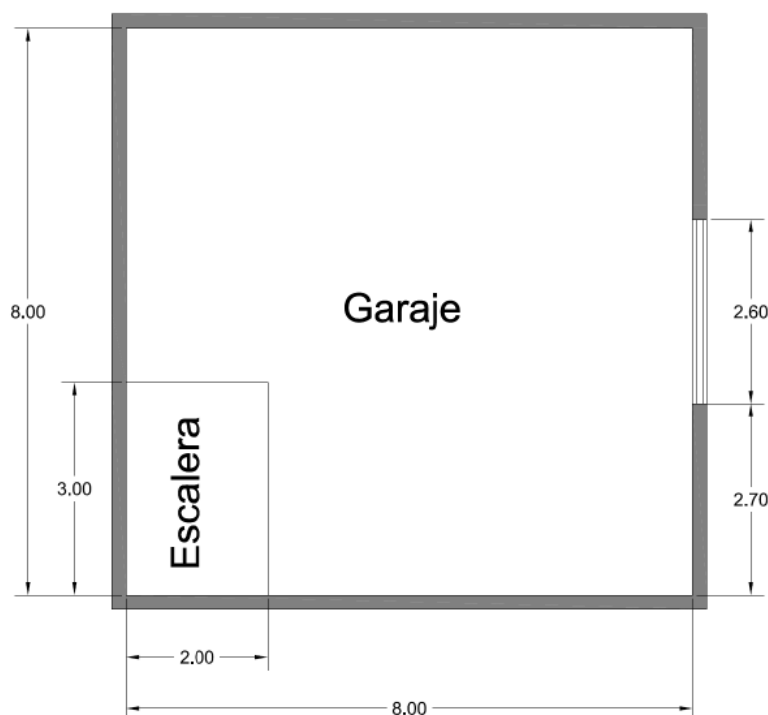
Zonas de salida de aire \rightarrow Caudal total de ventilación de 110 l/s

- Baños: 4 dormitorios dobles $\rightarrow 4 \cdot 15 = 60 \text{ l/s}$
- Cocina: $S = 16 \text{ m}^2 \rightarrow 16 \cdot 2 = 32 \text{ l/s} < 50 \text{ l/s} \rightarrow$ tomamos 50 l/s .

Por tanto el caudal total de ventilación es de $110 \text{ l/s} = 396 \text{ m}^3/\text{h}$. Como el volumen total de los espacios habitables de la vivienda es de 384 m^3 , en nº de renovaciones por hora será $1.03125 \approx 1$.

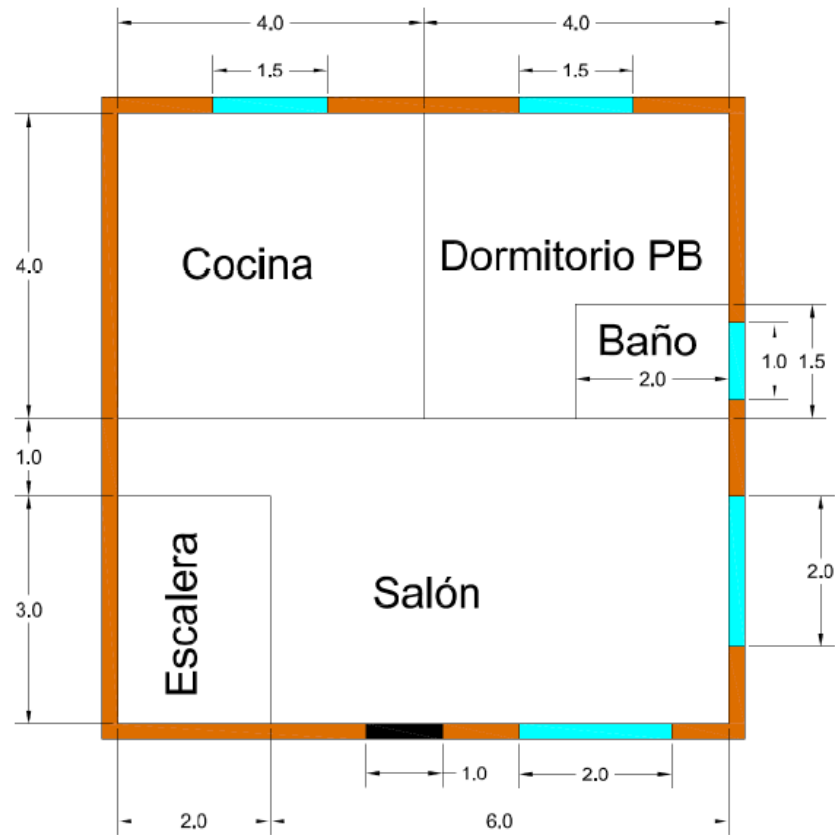
GEOMETRIA DEL EDIFICIO.

- PLANO PLANTA SÓTANO.

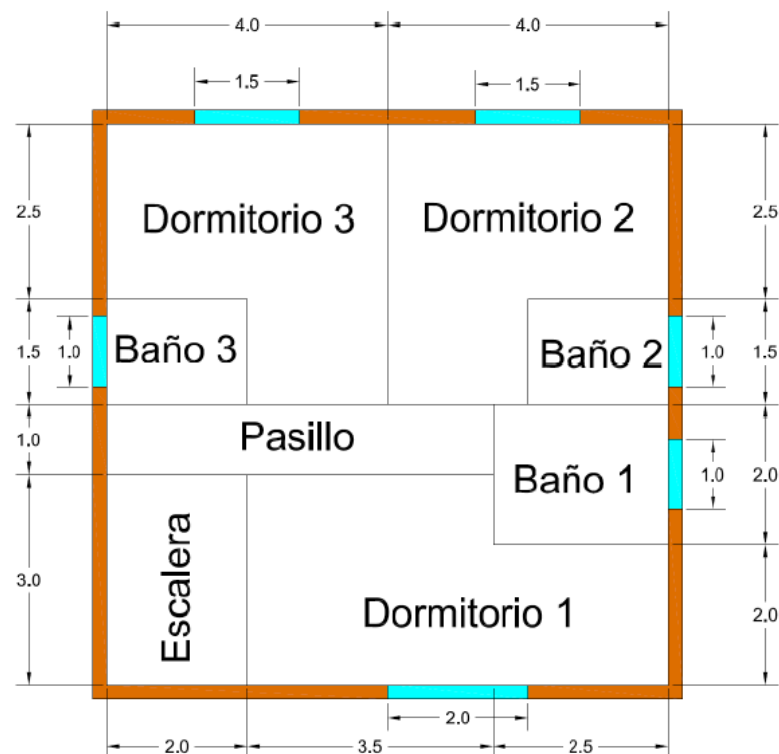




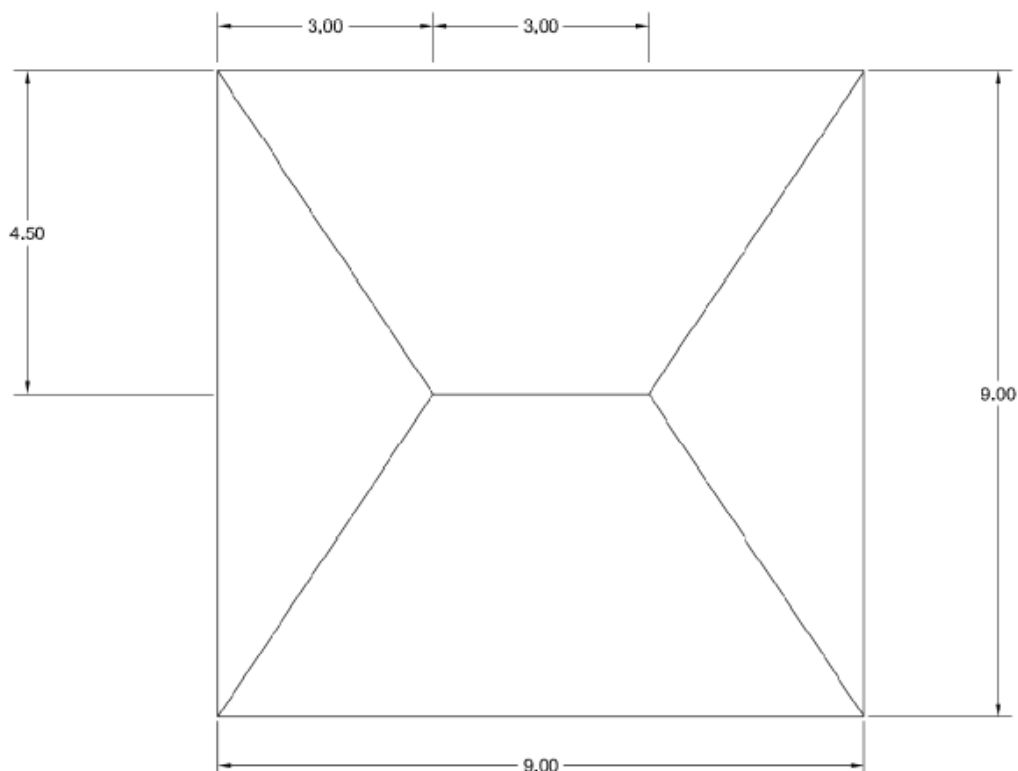
- PLANO PLANTA BAJA.



- PLANO PLANTA PRIMERA



– PLANO PLANTA CUBIERTA.



La cumbrera de la cubierta tiene una altura de 1.5 metros (sobre el forjado de cubierta).

El espacio bajo cubierta es un espacio no habitable; el forjado que separa la planta 1ª de la cubierta es distinto al que separa las plantas entre sí, pues incluye una capa adicional de aislamiento.

El volumen bajo cubierta es de 47,25 m³ y la superficie del forjado bajo cubierta es de 81m² de forma que la altura media del espacio bajo cubierta es de 0,583 m.

$$\text{Altura media} = \frac{\text{Volumen bajo cubierta}}{\text{Superficie del forjado bajo cubierta}} = \frac{47,25}{81} = 0,583 \text{ m.}$$

MODELIZACIÓN 3D DEL EDIFICIO

La definición de la geometría del edificio se realiza en el formulario 3D. El proceso es el siguiente:



- Si se dispone de planos, cargar el archivo de la planta a la cota correspondiente (gestión de planos)



- Crear planta especificando su cota y su relación con las plantas anteriores. Definir el polígono de la planta.



- Definir los espacios mediante la orden “crear espacio”, ayudando si es preciso de líneas auxiliares

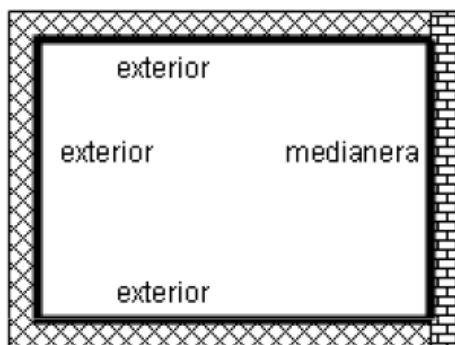


“línea auxiliar 2D” o bien mediante la

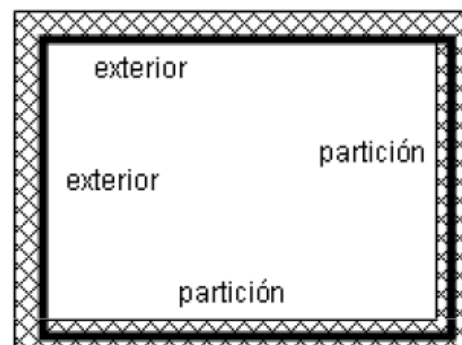


orden “dividir espacios”

- Modificar las condiciones de operación de aquellos espacios cuyas características sean diferentes a las definidas por defecto. (En la pantalla de visualización Tipo de espacio y Editar).
- Introducción de la geometría de los polígonos que definen los espacios:



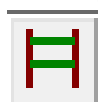
Polígono cuando todos los cerramientos son exteriores o medianeras



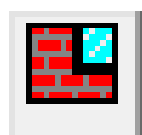
Polígono cuando parte de los cerramientos son exteriores o medianeras, y el resto son particiones interiores



- Definir las particiones horizontales y/o suelos mediante la orden “crear forjados automáticos”



o bien “crear forjados”



- Levantar automáticamente los cerramientos y particiones interiores verticales mediante la orden “crear muro”. Si alguno de ellos no fuera un cerramiento en contacto con el aire exterior (medianería, cerramiento en contacto con el aire exterior, etc.) o se



tratara de un muro trombe, editar y modificar el tipo de muro en la visualización de la geometría.



– Definir los huecos de los cerramientos mediante la orden “crear hueco” asegurándose de que se encuentra en la planta actual correspondiente.



– En el caso de que existan obstáculos que generen sombras sobre el edificio (por ejemplo, otros edificios existentes) introducirlos mediante la orden “crear sombra”



– Si existen elementos de sombra del propio edificio, (aleros, salientes no pertenecientes a ningún espacio, etc.) definimos como “elementos singulares”.

– Esta misma orden se utiliza para definir otros cerramientos singulares como cubiertas inclinadas, muros trombe, etc.

→ CODIGO DE COLORES

La aplicación de LIDER utiliza un código de colores muy sencillo para identificar la procedencia de los datos que se muestran en los formularios de la misma:

Verde: El valor proviene de la libreta o ha sido aceptado un valor por defecto.

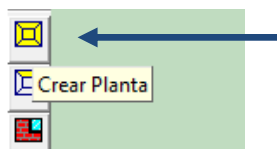
Negro: El valor ha sido introducido por el usuario

Azul: El valor ha sido leído de un archivo guardado previamente.

Rojo: El valor es erróneo

Una vez realizada la labor del proceso que hemos descrito anteriormente nos ponemos a dibujar en 3 dimensiones en LIDER.

Lo primero que tenemos que hacer en el 3D es crear la planta, para crear la planta clicamos en el botón crear planta y nos aparecerá una pantalla:



Cuando creamos la planta no debemos tener activada la opción de crear espacio igual a la planta

Propiedades de la Planta

Nombre: P01

Planta Anterior: Ninguna

Multiplicador: 1

Altura de los Espacios: 3,00 m Cota: -3 m

Igual a Planta: Ninguna

☐ Aceptar Espacios Anteriores

☒ Crear espacio igual a la planta

Ponemos la cota menos tres ya que vamos a situar la planta sótano.

Una vez creada la superficie clicamos con el botón derecho encima de ella y le damos a finalizar.

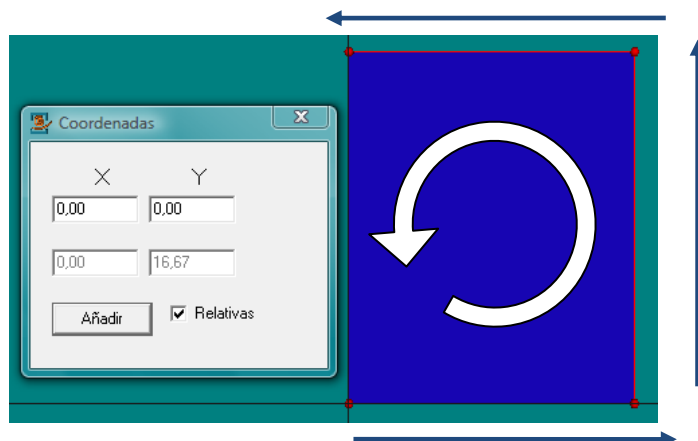
CTE **Coordenadas** **Definir vértices**

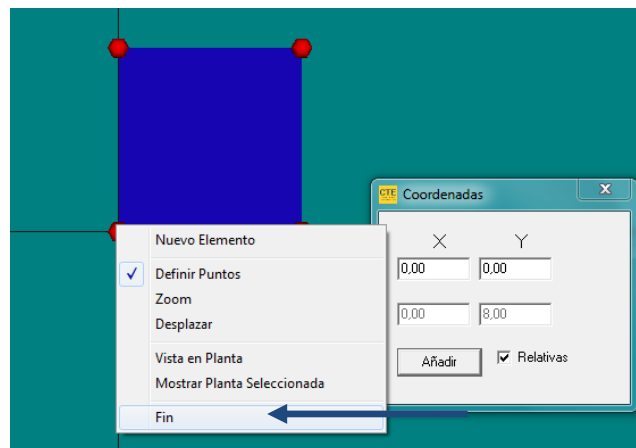
X: 0,00 Y: 0,00

Añadir ☐ Relativas

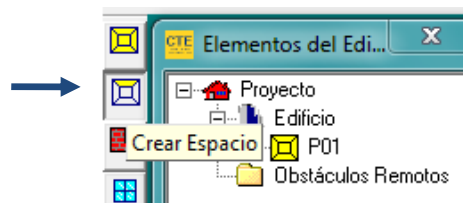
Después le damos a aceptar y tenemos que clicar en coordenadas para poder introducirlas, este es otro de los inconvenientes de LIDER ya que solo te deja insertar las líneas por coordenadas relativas o por coordenadas totales. El primer vértice lo introducimos con totales y luego según queramos podemos seguir con totales o hacerlo directamente con coordenadas relativas con respecto a la total.

Cuando vayamos insertando puntos no olvidar que los puntos se ejecutan de izquierda a derecha en el sentido antihorario, si no lo hacemos así el programa no reconocerá el espacio y esto es muy importante.

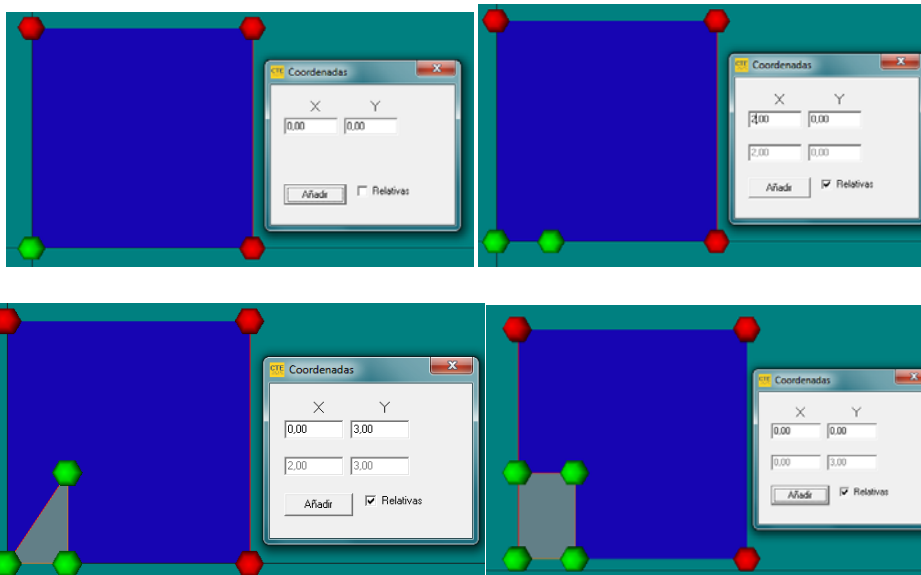




-Una vez creada la superficie de trabajo ahora ya podemos crear los espacios.

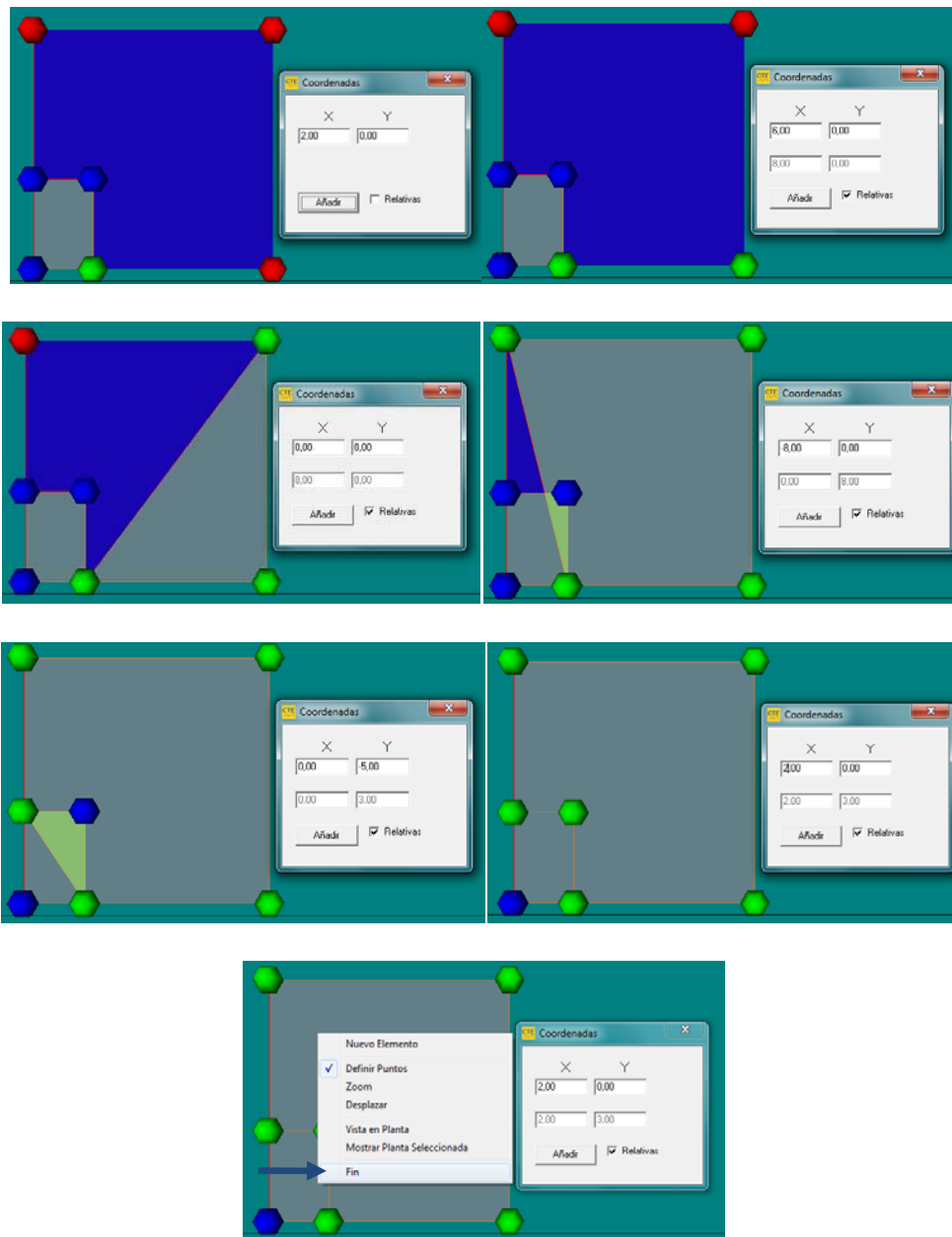


Y empezamos a dibujar los espacios mediante la opción de coordenadas.



Le damos ahora con el botón derecho y clicamos en finalizar dicha partición ya que si no le damos aparecerá un error.

Después de darle a fin, ejecutamos la segunda partición que tiene el sótano.

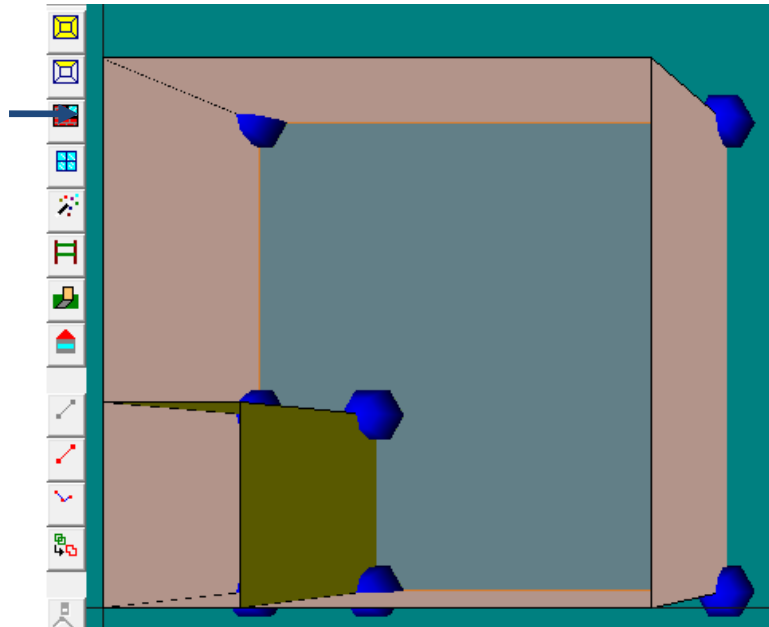


Volvemos a darle a crear un nuevo espacio y clicamos en el icono de coordenadas para poder definir los vértices del nuevo espacio que en este caso serán las escaleras.

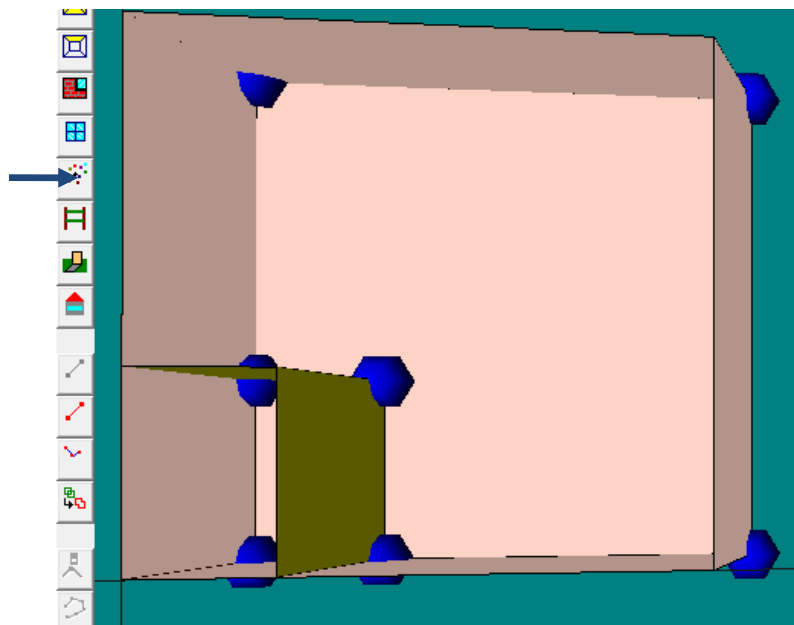
No debemos olvidar, que tenemos que insertar puntos en los encuentros de paramentos, ya que cuando insertemos el siguiente espacio, si no tenemos el punto del encuentro del espacio anterior que habíamos dibujado ya no se podría conectar y daría error.

Una vez le hemos dado a finalizar el espacio, volvemos a dar a crear espacio y terminamos el espacio del garaje.

Cuando hemos creado todos los espacios de la vivienda le damos al botón de la paleta de herramientas de crear muro.



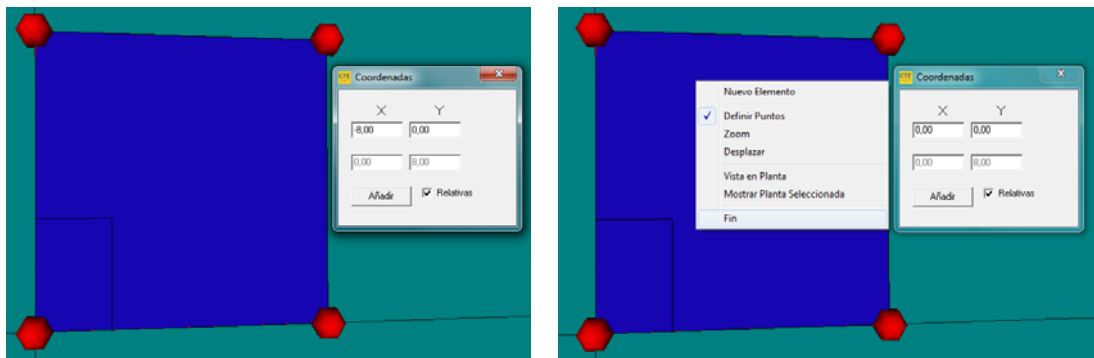
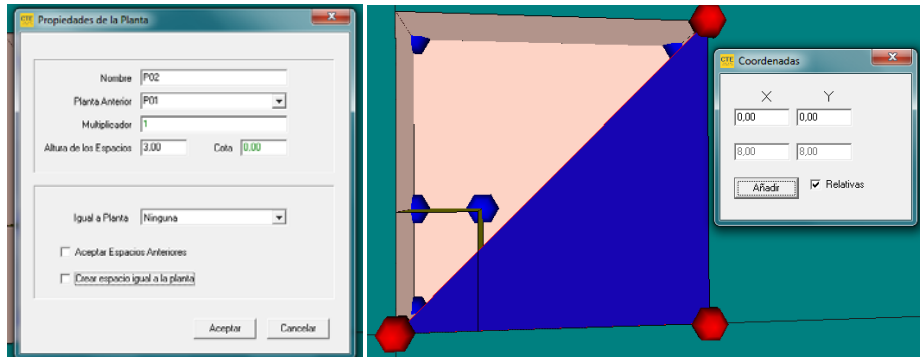
Y después le damos al botón de crear forjados automáticos



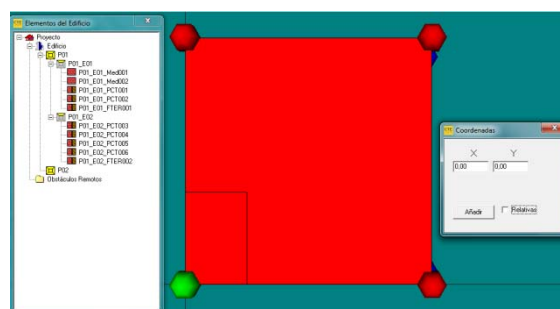
Una vez creados los muros y el forjado, creamos la nueva planta.

Cuando clicamos otra vez en crear espacio por defecto en el cuadro de nombre nos aparecerá P02 ya que el sótano era P01, en el recuadro inferior que pone planta anterior debemos de poner nuestra planta anterior que en este caso es la

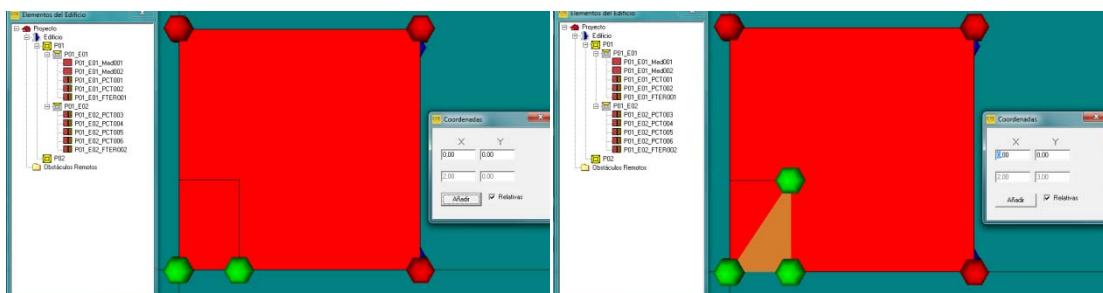
planta sótano (P01), como estamos en la planta baja la cota será 0 y la altura de los espacios la que tengamos en proyecto en mi caso es 3 metros.

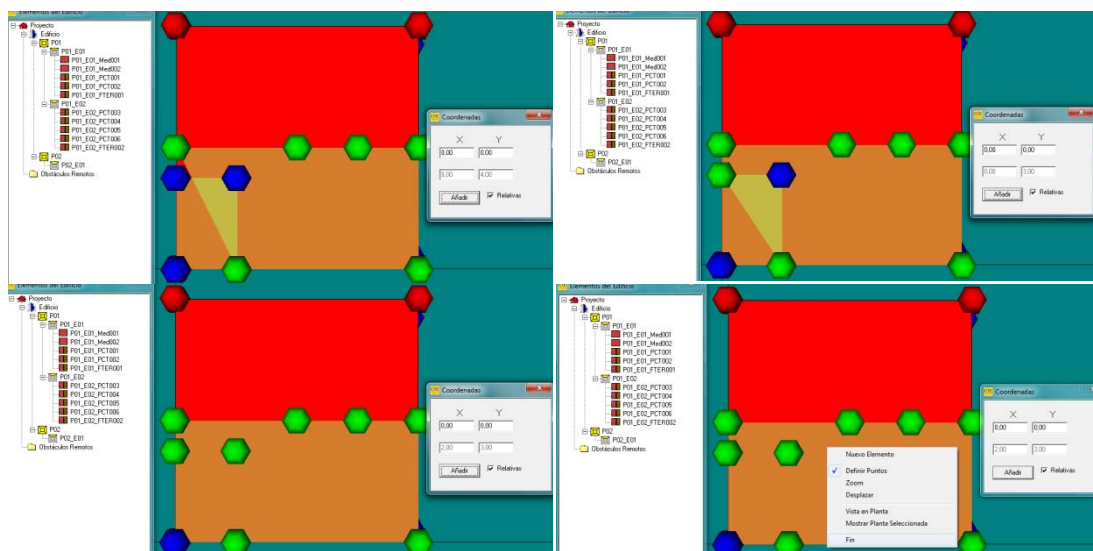


Una vez creada la nueva planta empezamos con la distribución interior dibujando cada espacio.



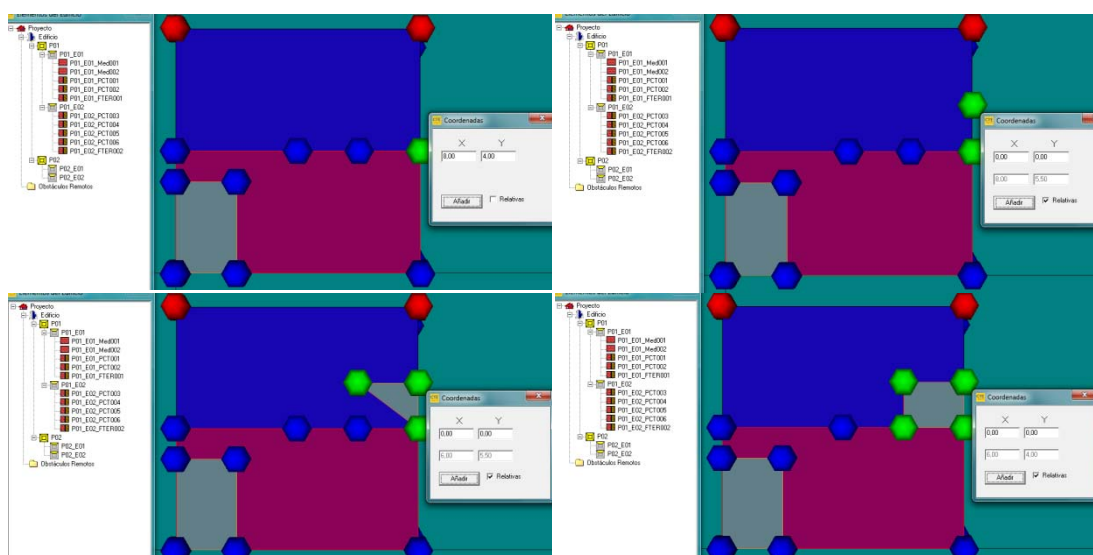
El primer espacio que dibujaré será la escalera.





Como podemos ver cuando terminamos de formar un espacio y le damos con el botón derecho del ratón a finalizar, aparece en el árbol “elementos del edificio” el espacio dibujado.

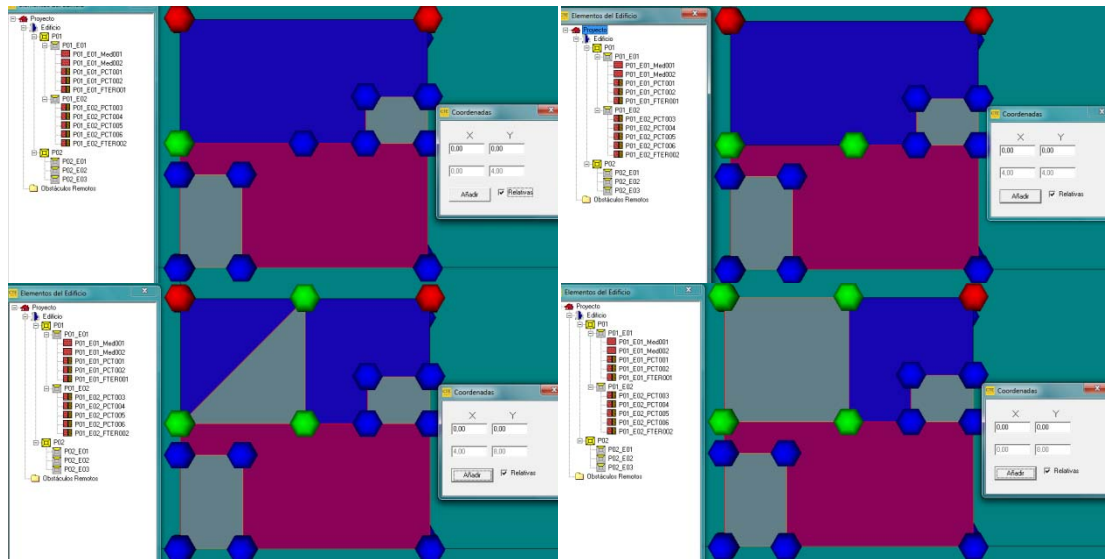
Y así sucesivamente iremos dibujando todos los espacios de la vivienda, a continuación dibujamos el baño. Se podrían dibujar clicando encima de nuestra pantalla de trabajo pero el programa no es muy exacto al clicar con el puntero y la referencia que nosotros queremos marcar puede no ser exacta, por lo que se recomienda que se dibuje con el cuadro de coordenadas para evitar cualquier error.



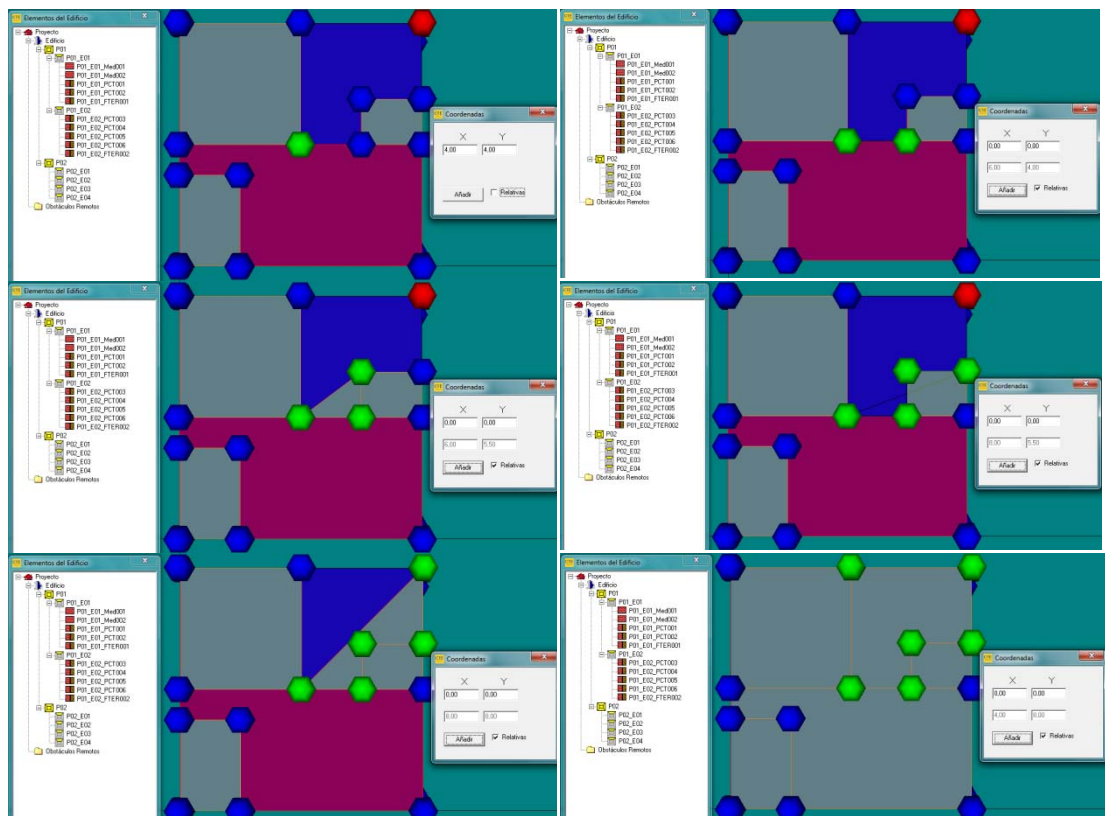
Como ya he dicho cada vez que se realice un espacio debemos de clicar y darle a finalizar para que se ratifique y se inserte en el árbol. Una vez insertado el espacio

en el árbol debemos de volver a clicar en el botón de crear un espacio, y volverle a dar al botón de tabla de coordenadas.

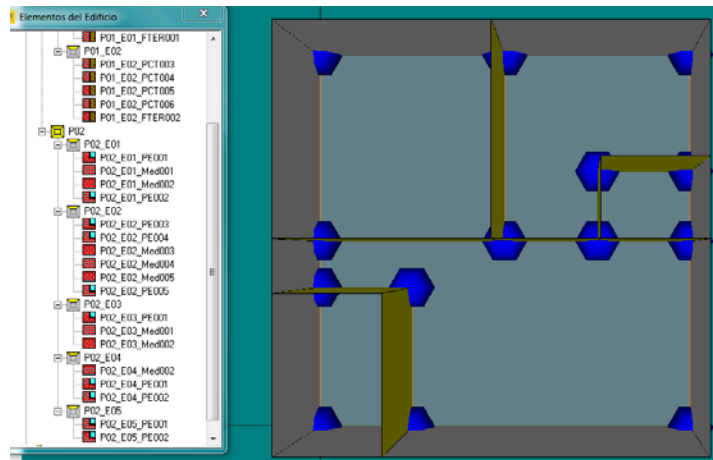
El nuevo espacio que voy a dibujar a continuación es la cocina.



Y por ultimo dibujamos el dormitorio de la planta baja haciendo como siempre el recorrido de derecha a izquierda.

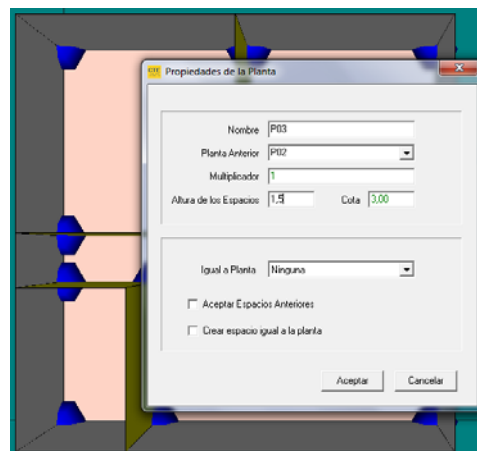


Una vez creados todos los espacios de la planta baja, podremos dar volumen a dichas particiones clicando en el botón de crear muros.

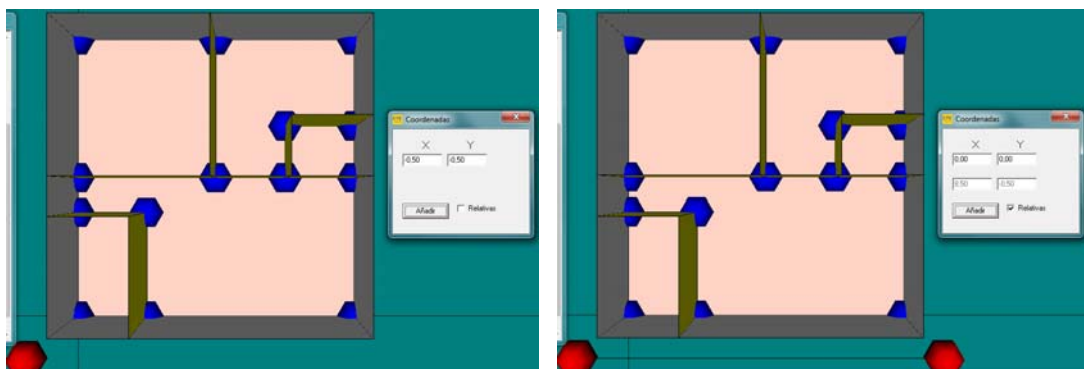


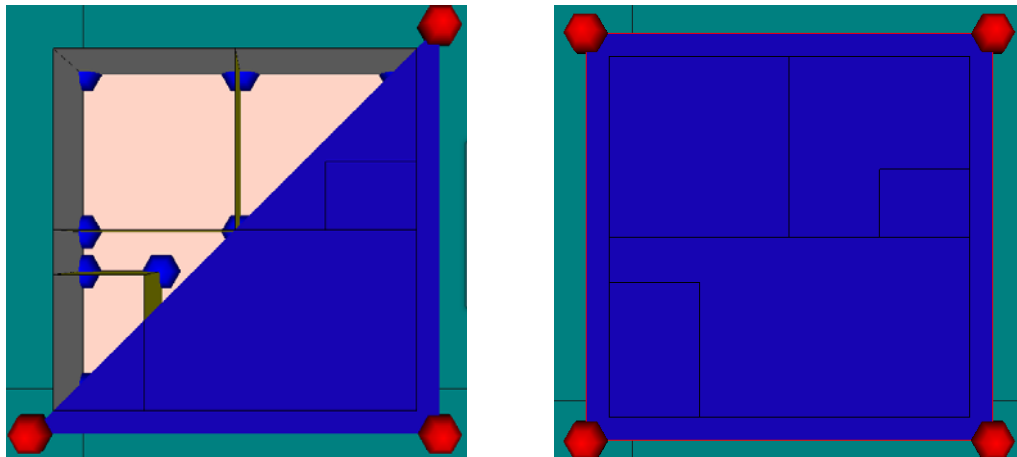
Y después le damos a crear forjados automáticos para terminar con la planta.

Por último dibujamos la planta cubierta. Como la cubierta tiene un vuelo alrededor de toda la casa de 0,5 metros dibujaremos al crear nuestra planta de 9 x 9 en vez de 8 x 8 como en las veces anteriores.

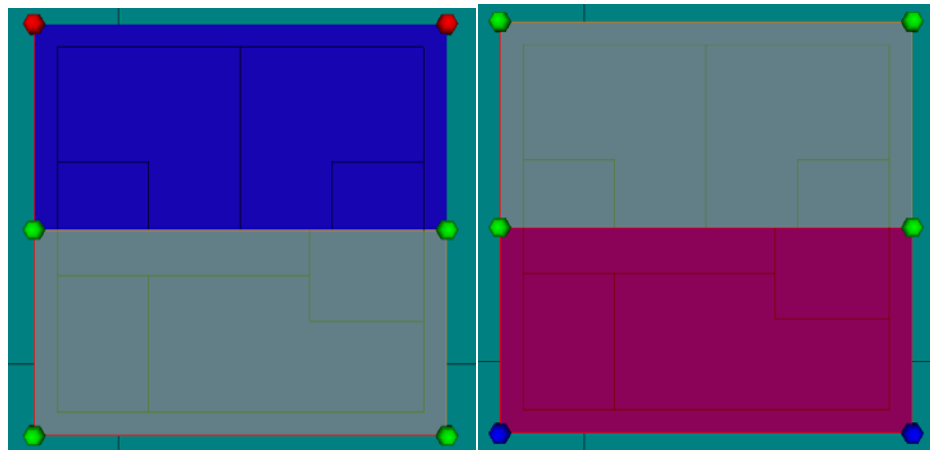


Como la cumbrera tiene una altura de 1,5 metros sobre el forjado de cubierta, nosotros debemos poner al crear la planta que la altura de los espacios es de 1,5 metros.





Una vez creada la planta tenemos que insertar algún espacio, en este caso como la cumbrera esta en el medio dibujaremos dos espacios iguales siendo la cumbrera el eje de simetría.



Los puntos de referencia cuando estamos dibujando el espacio son verdes, una vez hemos terminado de crear el espacio y le damos a finalizar se vuelven azules.

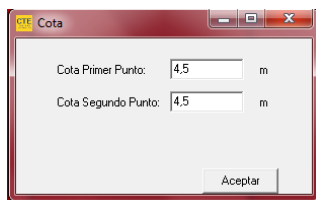


Para realizar la cubierta necesitamos una línea auxiliar 3D que nos defina la cumbrera para poder así crear los diferentes faldones.

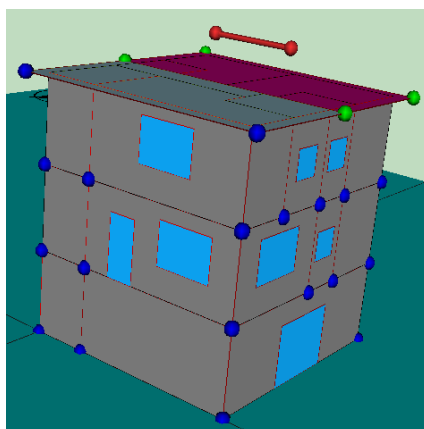
Ahora marcamos las coordenadas de los dos puntos que definen la recta en planta y posteriormente le insertaremos la altura.



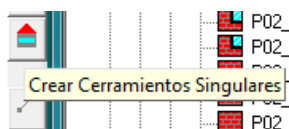
Una vez insertados las coordenadas de los dos puntos de la recta, nos aparece otra tabla para insertar la altura a la que queremos poner dichos puntos, es importante recordar que esta altura tiene de referencia la cota cero de nuestro dibujo.



En nuestro caso ponemos en las dos alturas 4,5 ya que la planta inferior mide 3 metros y la cumbrera está a 1,5 metros del forjado de la planta primera. Por lo tanto son 4,5 metros de altura.



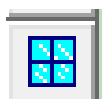
Una vez creados los dos espacios y la línea auxiliar, crearemos la cubierta clicando encima de cada punto de izquierda a derecha.



Para crear la cubierta clicamos en el botón de crear cerramientos especiales.

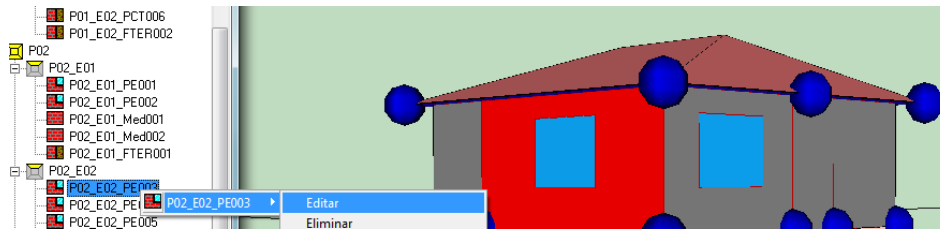
Y deberemos ir clicando en cada esfera de izquierda a derecha hasta conseguir nuestro faldón.

Por último en el dibujo del 3D insertamos ventanas y puertas, para insertar ventanas y puertas nos ponemos en el muro donde queremos situarla clicamos en él y le damos a editar.



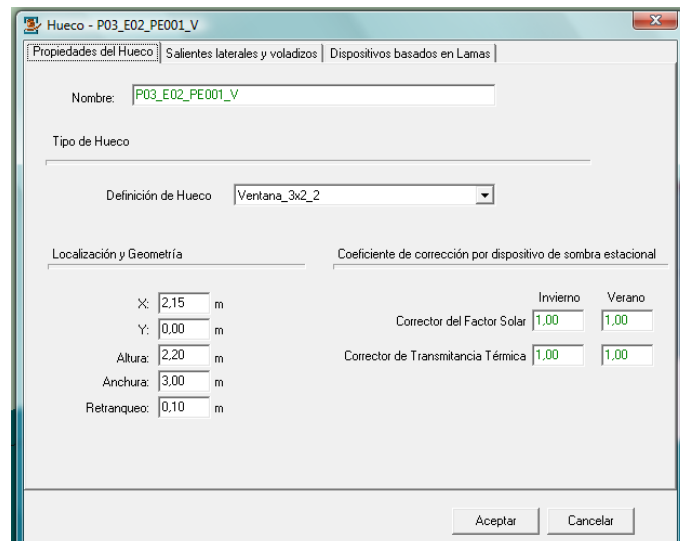
Con este botón pulsado se pueden definir los huecos, pulsando en el muro donde queremos situar el hueco pulsando con el botón izquierdo donde queramos que se sitúe el vértice inferior izquierdo de la ventana o

puerta y sin soltarlo arrastrar el puntero hasta el vértice superior derecho del hueco que queremos situar en la ventana.



Nos ponemos en el muro donde queremos situarla clicamos en él y le damos a editar .Primero le debemos de meter los datos de de coordenadas para situarla en el muro con respecto al vértice inferior izquierda de cada muro.

La superficie de los huecos que se van creando se visualiza en la representación de color azul claro.



- Definición del hueco: Se refiere a los huecos que hemos creado en la base de datos, al desplegar la pestaña nos aparecerán todos los huecos creados con anterioridad.
- X : Distancia (m) del borde izquierdo del hueco al borde izquierdo del cerramiento que lo contiene, mirando al cerramiento desde fuera.
- Y: Distancia (m) del borde inferior del hueco al borde inferior del cerramiento que lo contiene mirando al cerramiento desde fuera.
- Altura : Altura (m) del hueco.
- Anchura: Anchura (m) del hueco.

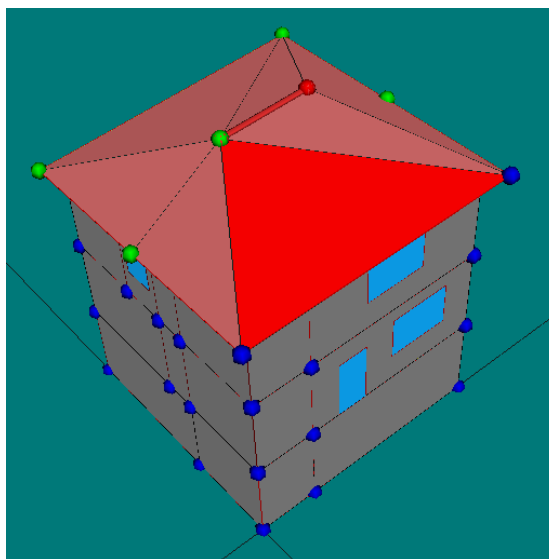
- Retranqueo: distancia (m) desde plano de la ventana o puerta al plano exterior del cerramiento que la contiene.

Primero debemos de meter los datos de coordenadas para situarla en el muro con respecto al vértice inferior izquierda de cada muro.

Hueco	X (m)	Y (m)	Alto	Ancho	Retranqueo
Ventana 3	0,5	1	1	1	0

Hueco	X (m)	Y (m)	Alto	Ancho	Retranqueo
1 Ventana 1	3,00	1,00	1,50	2,00	0,00
2 Puerta entrada	1,00	0,00	2,20	1,00	0,00

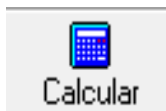
Es importante que antes de realizar el 3D definamos en opciones → construcción los tipos de cerramientos y particiones, deberemos poner los que más se utilicen, así una vez realizado el dibujo en 3D tendremos editados todos los elementos de nuestro dibujo y solo si alguno no corresponde con nuestros datos objeto podremos modificarlo.





INTRODUCCION DE DATOS EN LIDER → OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

Pulsando en el botón cálculo de la barra de botones, se procede al cálculo del edificio.



Tras calcular el edificio, se muestra la comparación entre la demanda de calefacción y refrigeración del edificio objeto con el de referencia, en porcentaje y en un diagrama de barras, especificando sin CUMPLE o NO CUMPLE con la HE1.



Si no se ha modificado en edificio se puede volver con posterioridad a la ventana de resultados pulsando el botón correspondiente.



El botón PDF genera el informe que servirá como justificación administrativa del cumplimiento de la HE1.

INTRODUCCION DE DATOS EN LIDER → EXPORTAR DATOS A CALANER GT

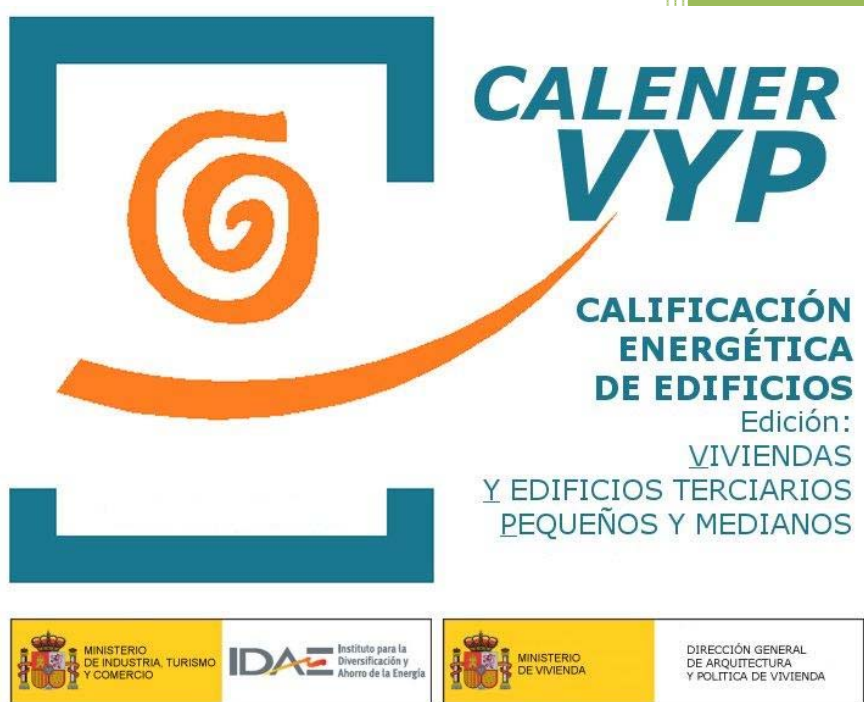


El botón “GD” genera el fichero electrónico que servirá como justificación administrativa del cumplimiento de la HE1.



El botón “Exportar” convierte a formato legible por Calener GT la geometría generada en LIDER (para CALENER VYP no es necesario exportar)

ANEXO 5: GUÍA DE ENTRADA DE DATOS EN CALENER VYP





INTRODUCCION A CALENER VYP. EJEMPLO DE PROYECTO

Por ser un requisito previo se supone que el edificio a calificar ha superado todos los aspectos recogidos en el CTE.

Los pasos a seguir para la calificación energética de un edificio de viviendas o uno terciario de tamaño pequeño o mediano, son los siguientes:

1. Estudiar el sistema de acondicionamiento instalado en el edificio, decidiendo la combinación de elementos del programa (Sistemas, Equipos, Unidades Terminales, Factores de Corrección) que serán necesarios para modelarlo. Han de considerarse los sistemas de Calefacción, Refrigeración, Agua caliente sanitaria (ACS) y, en el caso de edificios terciarios, de Iluminación.

El alcance de cada uno de los sistemas del programa se encuentra en la sección: ***Tipos de sistemas***.

2. Recopilar la información relativa al dimensionado (potencias y rendimientos nominales, caudales, temperaturas de impulsión, rendimientos a carga parcial, etc.) requeridos por los elementos del programa (véanse las secciones de ***Equipos, Unidades terminales, y Factores de corrección***).
3. Cargar en el programa el archivo de definición geométrica y constructiva obtenido con LIDER
4. Completar la definición del edificio, con el tipo de edificio y las características de los sistemas de iluminación, si es un edificio terciario
5. Definir la demanda de ACS
6. Definir los factores de corrección requeridos por los equipos utilizados en el sistema. Eventualmente, importar los que existen predefinidos en la base de datos del programa y modificar, si es necesario, sus propiedades
7. Definir los equipos y/o unidades terminales requeridos. Eventualmente importar los existentes en la base de datos del programa y, si es necesario, modificar sus propiedades
8. Definir los sistemas (incluyendo el de ACS), asociando los equipos y unidades terminales a los espacios acondicionados del edificio. Véanse las consideraciones sobre los edificios grandes y los multiplicadores.



9. Calcular la calificación

10. Obtener el informe emitido por el programa

Antes de empezar con la introducción de datos explicaremos el funcionamiento del programa.

El programa es muy parecido a Lider manteniendo un formato similar, teniendo en la parte de arriba los botones que dan acceso a los diferentes módulos del programa y en la parte inferior donde nos aparecen los formularios.

Definición de los botones: (Como en el anexo 4 ya se definieron algunos solo se destacarán los botones nuevos)



Sistema

Da acceso a la definición del sistema de acondicionamiento del edificio



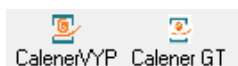
C.Calif

Inicia el proceso de cálculo de la calificación energética del edificio.



Lider

Llamada al programa LIDER. Se facilita así la verificación de los requerimientos mínimos CTE-HE1. Véase el botón siguiente



CalenerVYP

Calener GT

Al pulsar el botón anterior, la barra de botones se convierte en la de LIDER, de forma que el programa se comporta como LIDER. Para recuperar la barra de botones original se pulsa este otro botón. No es necesario recargar el edificio si ya se había cargado.

Una vez cargada la geometría del edificio que hemos realizado en Líder, comenzamos a completar la definición del edificio (tipo de edificio, sistemas de iluminación...)

Lo primero que debemos hacer para realizar la certificación energética en Calener VYP es añadir la demanda de ACS, por lo tanto clicamos en la carpeta sistemas.

SELECCIONAMOS EL TIPO DE EDIFICIO

Tipo edificio

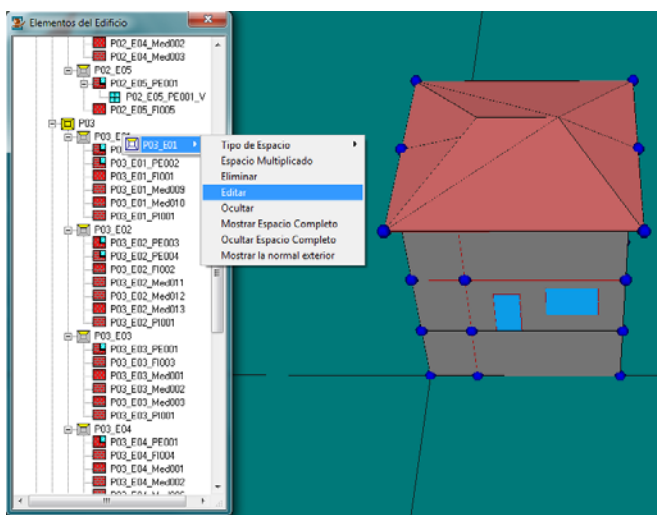
- ☒ Vivienda unifamiliar
- ☐ Vivienda en bloque
- ☐ Edificio sector terciario, pequeño o mediano

Debe revisarse el tipo de edificio de que se trata, por ser diferentes las escalas de calificación, o la propia metodología: las posibilidades son: Viviendas, unifamiliares o en bloque, y Terciarios pequeños o medianos. Se debe revisar también que los demás datos que introducidos en Líder se mantengan igual.

SELECCIONAMOS EL TIPO DE ILUMINACIÓN

- (Solo es obligado para edificios terciarios)


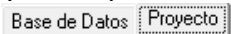
Como nuestro edificio es una vivienda unifamiliar no lo haremos, pero vamos a explicar su funcionamiento.



Una vez le damos a editar se nos abre una pestaña donde pone propiedades en un lado e iluminación en otro, le damos a iluminación y los datos a introducir, como se indica en el formulario anterior, son la potencia instalada en iluminación del espacio; el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), de este espacio en el edificio objeto, y el correspondiente a este espacio en el edificio de referencia (máximo permitido para ese espacio por el CTE-HE3). Ambos VEEI deben ser tomados de la sección de Iluminación del CTE-HE3.

DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS:

Introducción:

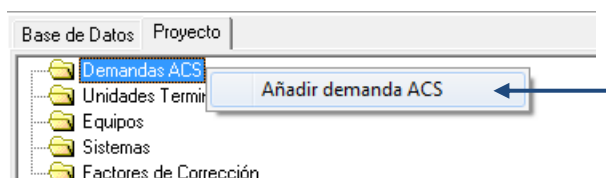
Pulsamos el botón sistema  y nos aparecen dos pestañas principales, la de la base de datos y la del proyecto. 

La primera contiene una **Base de Datos** de componentes de los sistemas de acondicionamiento y producción de ACS, que facilita la definición de nuevos sistemas.

La segunda contendrá la **Definición del Sistema** de acondicionamiento y producción de los posibles sistemas de instalaciones de climatización y generación de ACS del edificio en estudio. Siempre es necesario añadir un sistema para la generación de ACS, pues es lo mínimo que debe afrontar una vivienda en el gasto de energía. Por lo que se va a definir a continuación, mientras que el resto de sistemas se verán más adelante

1- DEMANDA DE ACS

Para definir la demanda de ACS, se accede al árbol del proyecto, el último elemento soporta las demandas de ACS del edificio. Se pulsa sobre el botón derecho y se selecciona la única opción que se ofrece, Añadir demanda de ACS:



Se obtiene un pequeño formulario donde se introducen los datos que definen la demanda de ACS del edificio:

Demanda de ACS

Nombre

Consumo total diario l/(m² día)

Área habitable cubierta m²

Temperatura de utilización °C

Temperatura del agua de red °C

Depende de la zona climática. No modificable

El programa asigna automáticamente los valores que se deducen a partir de la tabla 3.1 del DB-HE4 del CTE (tomando 0.03 personas/ m2)

- Residencial unifamiliar: 0.9 l/(m2 día)
- Residencial en bloque: 0.66 l/(m2 día)
- Terciario: asigna 0.66 l/(m2 día) pero se debe calcular según tabla 3.1 v uso

Se rellena automáticamente a partir de la geometría definida.
 Se puede modificar si es preciso.

No modificable

Se introduce el nombre, para posteriores referencias.

La demanda definida puede modificarse o eliminarse en cualquier momento posterior.

Para eliminarla se selecciona y se pulsa el botón derecho, se selecciona la opción Borrar demanda de ACS y se elimina del árbol del proyecto.



A continuación se muestra la tabla 3.1 del DB HE-4 del CTE, del cual se extraen los datos que por defecto aplica el programa.

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Antes de introducir los datos en sistemas de climatización es necesario explicar la función y características de la base de datos.

BASE DE DATOS:

La base de datos incluye una muestra representativa de todos los equipos, unidades terminales y factores de corrección que el usuario puede necesitar para definir cualquier sistema soportado.

La base de datos se divide en tres bloques:

- **Equipos**
- **Unidades terminales**
- **Factores de corrección**

Los equipos y unidades terminales que aparecen en la base de datos del programa no pueden ser modificados por el usuario. Tampoco se pueden eliminar. Su utilidad reside en la posibilidad de ser importados a los diferentes proyectos que se vayan a calificar. Una vez importados a los proyectos, se pueden particularizar para dimensionarlos adecuadamente a las necesidades particulares de cada caso.

Los factores de corrección que se incluyen son los que se utilizan en los equipos y unidades terminales que se han incorporado.



TIPOS DE SISTEMAS DE CLIMATIZACION DE CALENER

Al realizar un sistema es necesario entender que cualquier instalación deberá estar compuesta por un objeto que define el tipo de sistema de que se trata (objeto de tipo SISTEMA) y éste, a su vez, contiene uno o varios objetos que definen los EQUIPOS y UNIDADES TERMINALES que componen dicha instalación (solo se incluyen aquellos equipos de la instalación necesarios para su simulación térmica).

SISTEMA UNIZONA

El sistema unizona consiste en un único equipo que abastece a cada espacio. Por lo tanto hay que definir tantos equipos como espacios acondicionados hubiera. No hay que definir las unidades terminales.

Pueden ser:

- Calefacción eléctrica.
- Aire-aire solo frío
- Aire –aire bomba de calor
- Equipo de rendimiento medio estacional conocido

SISTEMA MULTIZONA:

El sistema consiste en un mismo equipo abastece a varios espacios.

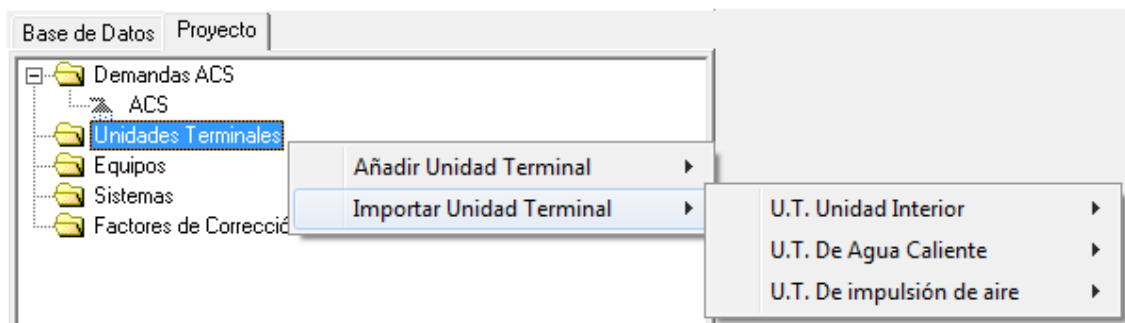
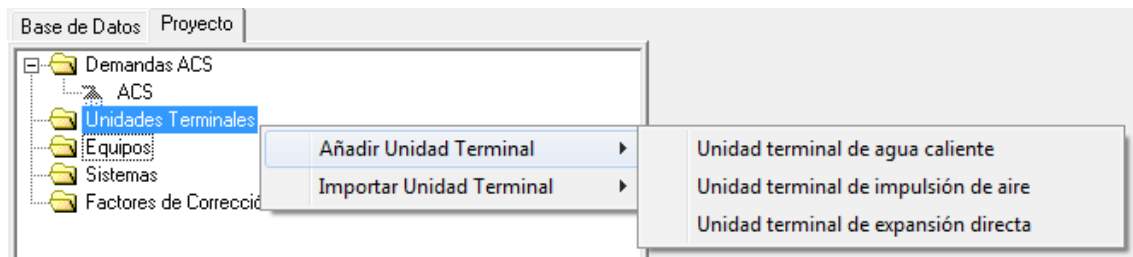
- Hay que definir un equipo para cada zona diferente.
- Hay que definir las unidades terminales de cada espacio.
- Un mal funcionamiento del problema hace que en la mayoría de los casos no se puedan asociar dos sistemas multizona distintos a un mismo espacio (por ejemplo calefacción por radiadores y frío por conductos).

Pueden ser:

- Multizona por agua → sólo calefacción (no admite fan coil).
- Multizona por conductos → sólo frío y frío + calor.
- Multizona por expansión directa → sólo frío y frío + calor.

UNIDADES TERMINALES

No hay diferencia práctica entre “añadir” o “importar” las unidades terminales, pues éstas no tienen asociado ningún factor de corrección.



- UNIDADES TERMINALES → AGUA CALIENTE.

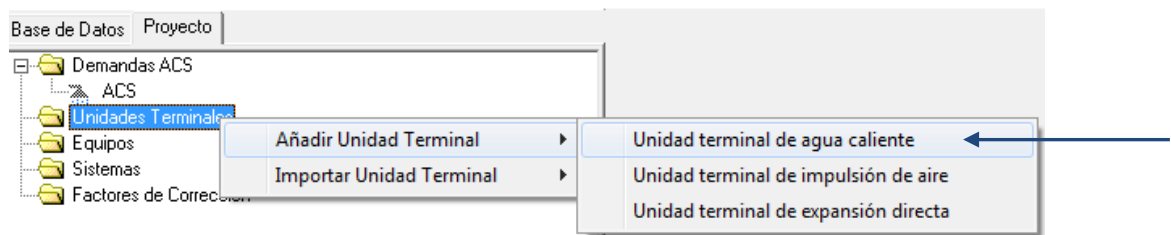
Unidades terminales de agua caliente pueden ser:



Radiador de agua.



Suelo radiante (agua).



Unidad terminal agua caliente

Nombre

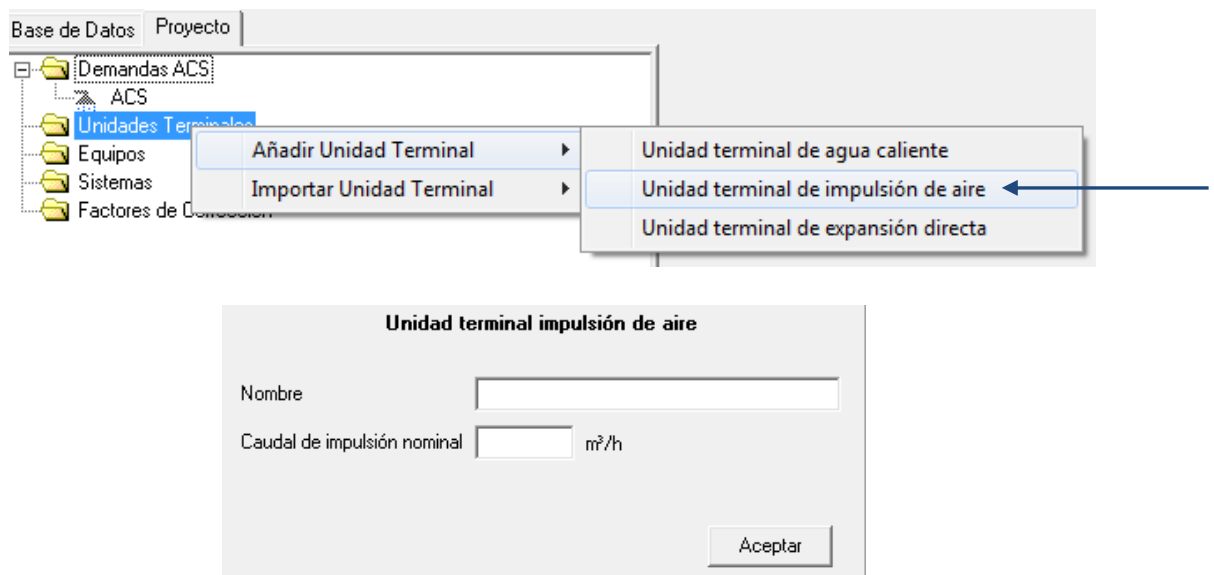
Capacidad nominal kW

- UNIDAD TERMINAL → AIRE

Unidades terminales de impulsión de aire pueden ser:



Rejillas, difusores, toberas...



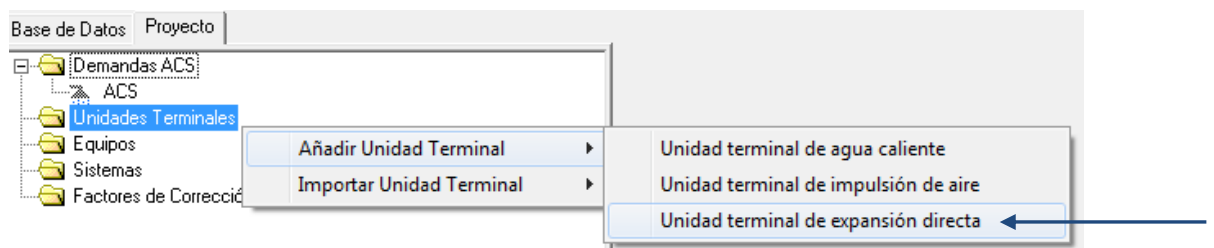
- UNIDAD TERMINAL. EXPASIÓN DIRECTA

En este caso las opciones son:

Añadir → Unidad terminal de expansión directa
 Importar → Unidad interior.



Hace referencia a las unidades interiores de los sistemas multisplit.



Unidad terminal en expansión directa

Nombre

Propiedades básicas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text"/>	kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text"/>	kW
Capacidad calorífica nominal	<input type="text"/>	kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text"/>	m³/h

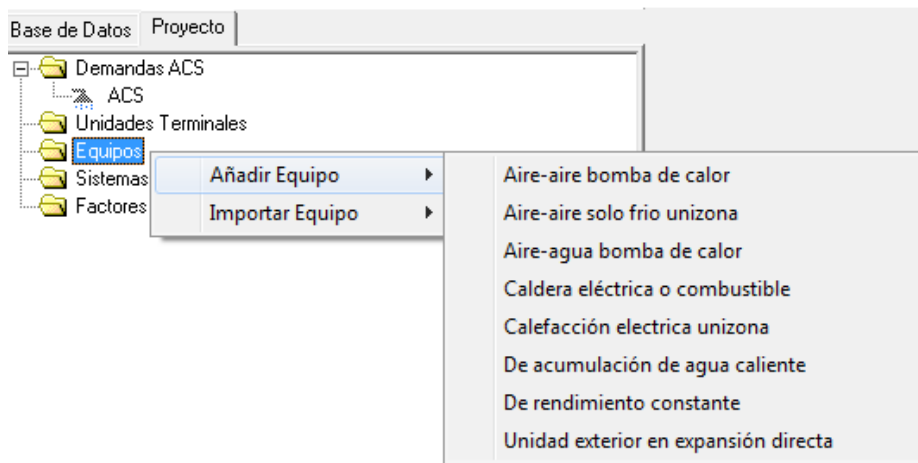
Aceptar

En equipos de split simple o acondicionadores compactos de ventana Calener VYP no distingue la unidad terminal del equipo (sólo se define el equipo).

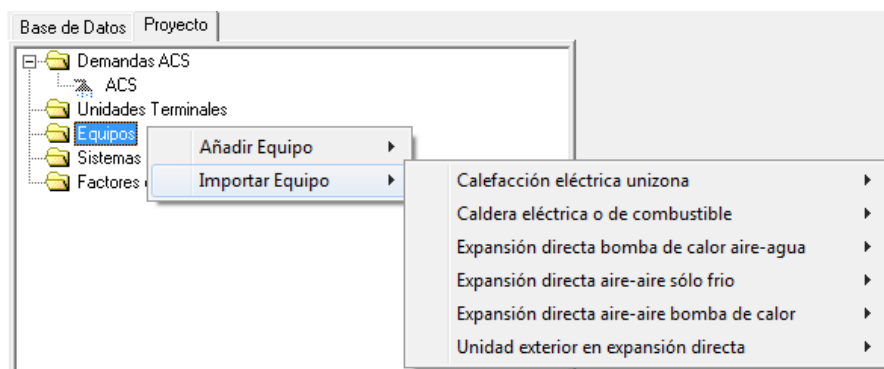
EQUIPOS

En este caso si hay diferencia entre añadir o importar.

- Añadir: es necesario definir los factores de corrección de los equipos (para funcionamiento a carga parcial, variación de las condiciones interiores y exteriores, etc.)



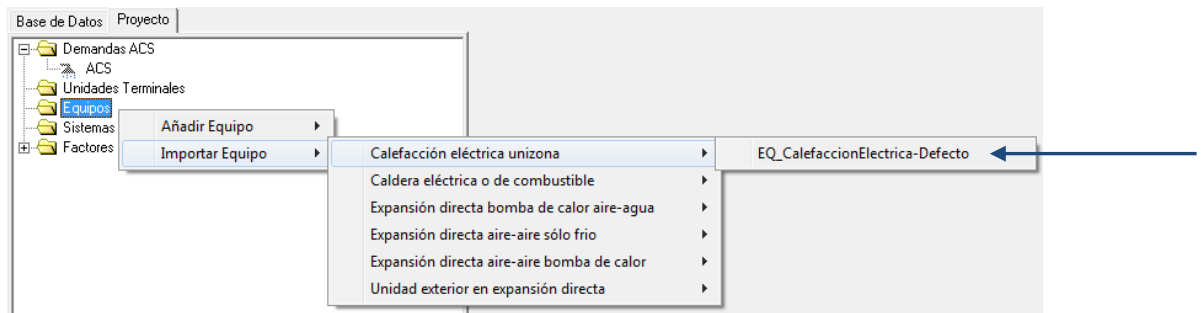
- Importar: se importan equipos de la base de datos del programa. Se importan también las tablas asociadas a los equipos (habrá que modificarlas).



• EQUIPOS. CALEFACCION ELECTRICA UNIZONA

Calefacción eléctrica unizona: calefactores eléctricos de resistencia y de aceite, ventiloconvectores, suelo radiante eléctrico, acumuladores, etc.





Como ya hemos dicho la diferencia entre añadir e importar de esta tabla sería que si le damos a añadir deberemos introducir los datos nosotros y si le damos a importar los datos vienen por defecto y en muchos casos es necesario modificarlos.

Equipo calefacción por efecto Joule

Nombre

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad nominal kW

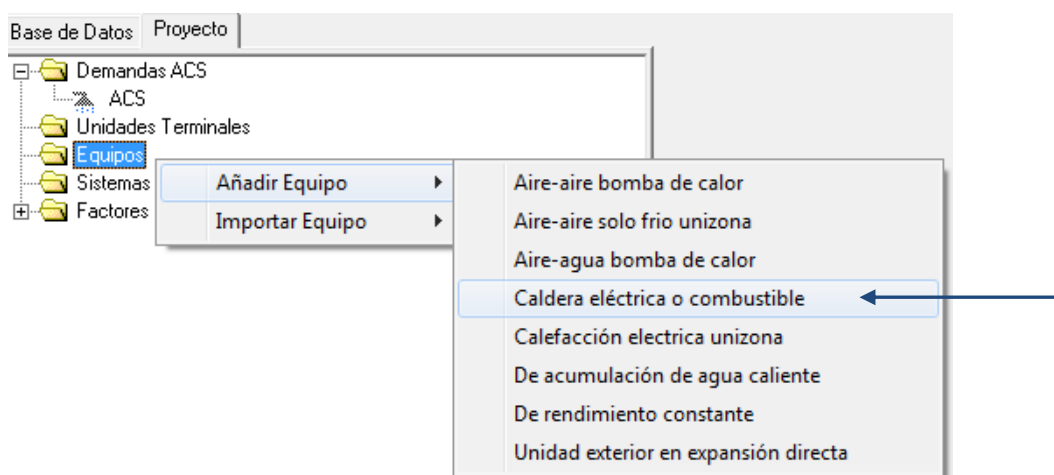
Consumo nominal kW

Aceptar

- EQUIPOS. CALDERA ELECTRICA O DE COMBUSTIBLE

Caldera eléctrica o de combustible: calefactores eléctricos de resistencia y de aceite, ventiloconvectores, suelo radiante eléctrico, acumuladores, etc.





Equipo caldera eléctrica o combustible

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad Total: kW

Rendimiento nominal:

Tipo energia:

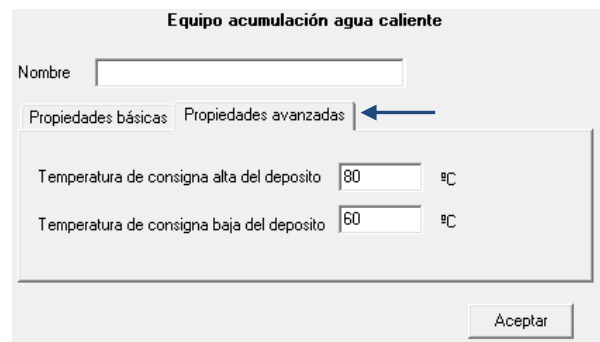
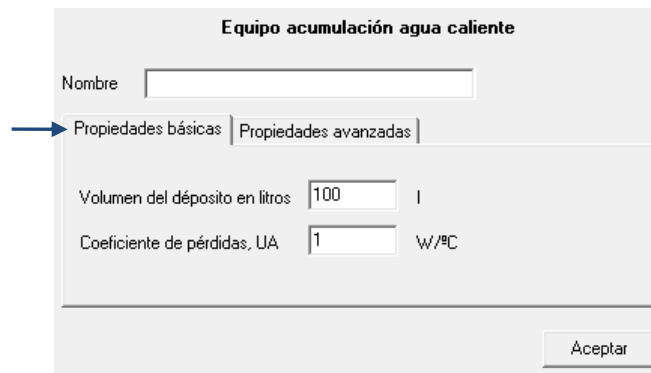
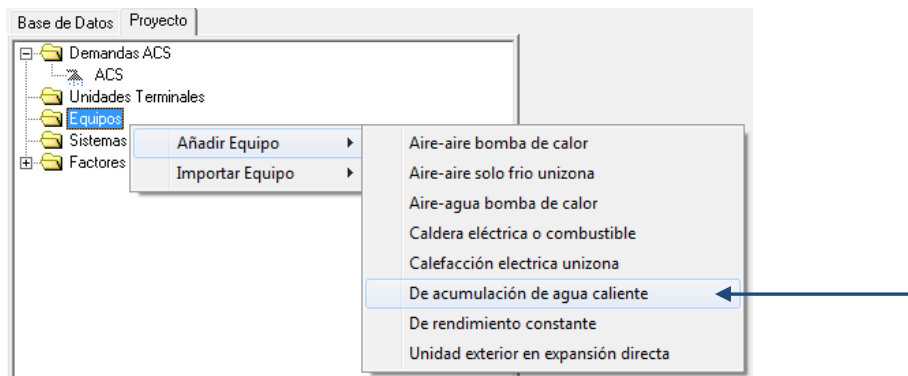
Electricidad
 Gas Natural
 Gasoleo
 Fuel-oil
 GLP
 Carbon
 Biomasa

- EQUIPOS. ACUMULACIÓN DE AGUA CALIENTE

Acumulación de agua caliente: depósito para almacenar ACS.



En el caso de un termo eléctrico hay que definirlo como la suma de una caldera eléctrica y un equipo de acumulación.

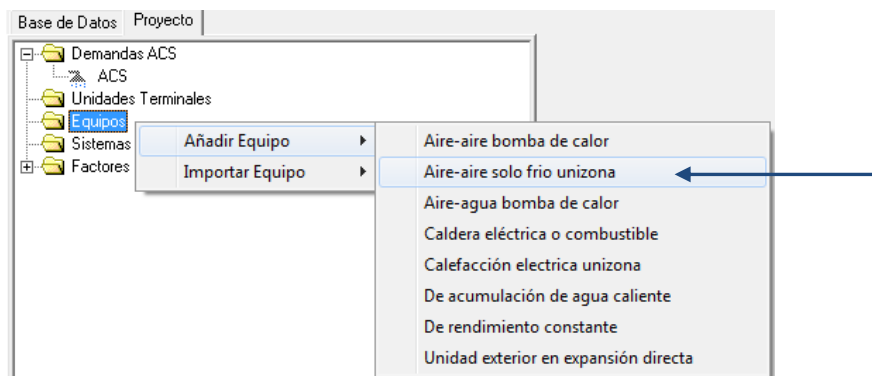


- **EQUIPOS. AIRE-AIRE SOLO FRIO**

Aire aire solo frío: equipos que producen frío de manera autónoma evaporando un refrigerante para enfriar el aire de una zona y evacuando el calor de la condensación del refrigerante al aire exterior.

Ejemplos típicos:

- Autónomos compactos verticales/horizontales, solo frío de descarga directa.
- Autónomos partidos (split de consola, cassette, etc.), solo frío de descarga directa.
- Autónomos compactos y partidos, solo frío de descarga a conductos .



Equipo aire aire solo frio

Nombre:

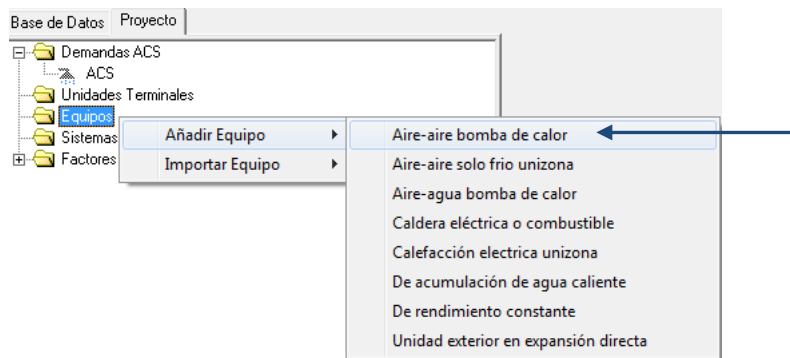
Propiedades Basicas | Propiedades Avanzadas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text"/> kW	← DATOS DE CATÁLOGO
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text"/> kW	
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text"/> kW	
Caudal de impulsión nominal	<input type="text"/> m³/h	← En sistemas de conductos tiene que coincidir con la suma de los caudales de las unidades terminales de impulsión de aire

Aceptar

- EQUIPOS. AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR

Aire-aire bomba de calor: igual que los anteriores pero además son capaces de producir calor gracias a la inversión del ciclo frigorífico mediante la acción de una válvula de 4 vías.

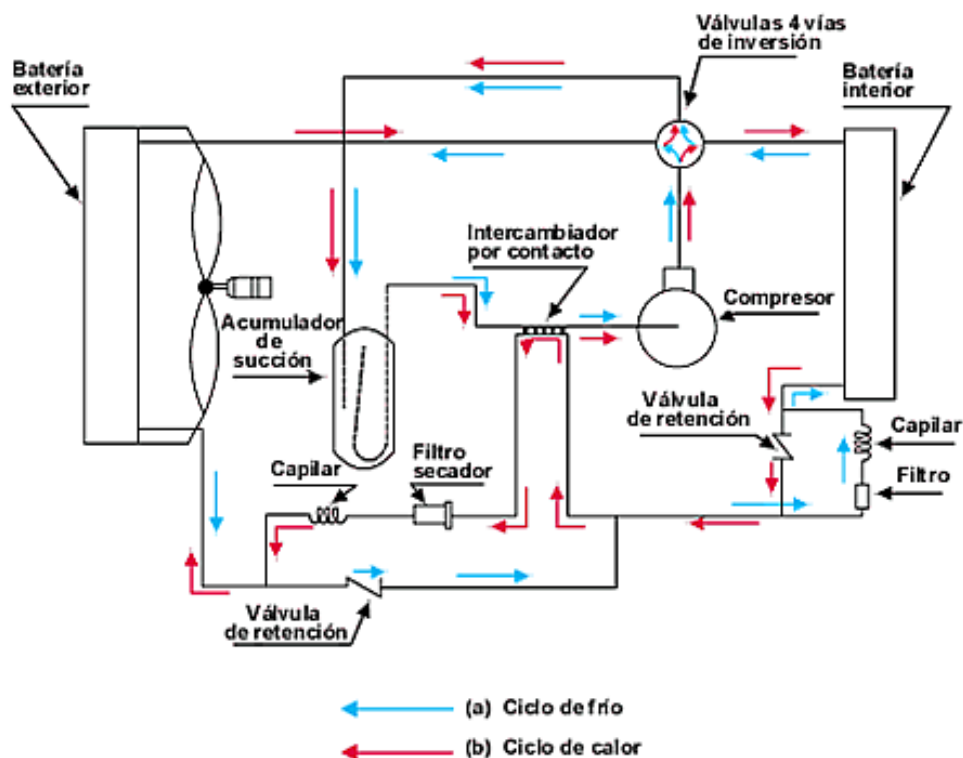


Equipo aire aire bomba de calor

Nombre:

Propiedades Básicas | Propiedades Avanzadas

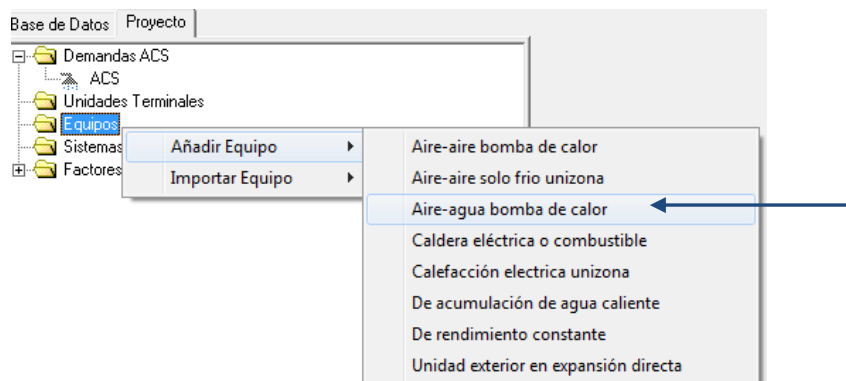
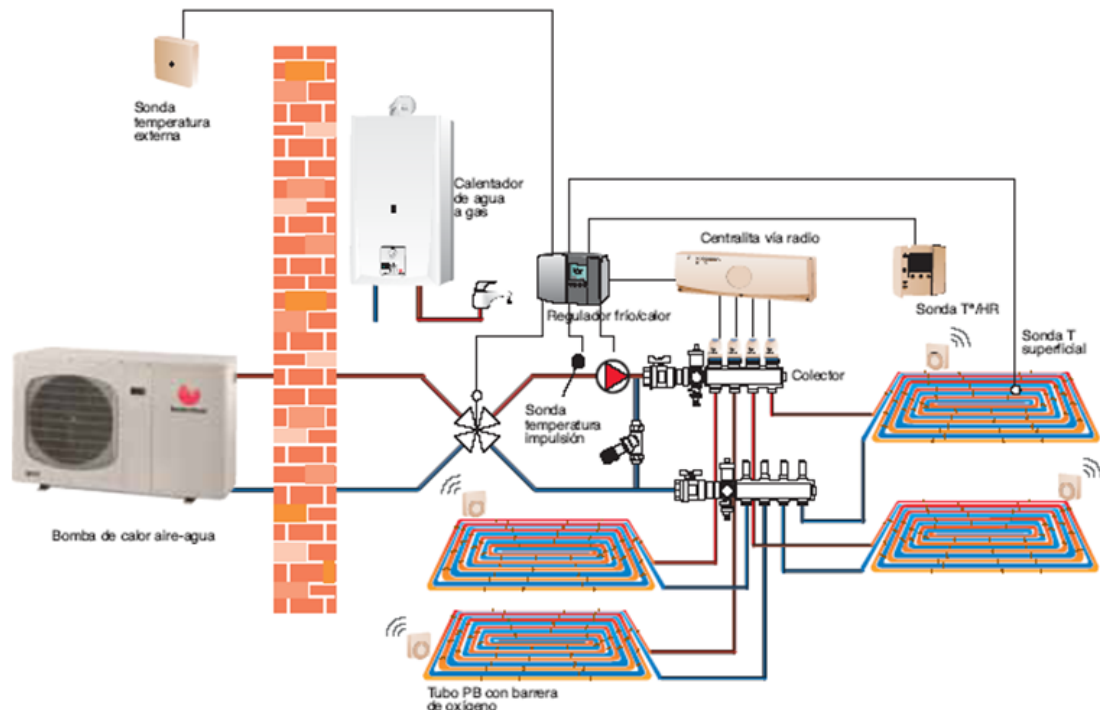
Capacidad total de refrigeración nominal	4.00	kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	2.60	kW
Consumo de refrigeración nominal	1.60	kW
Capacidad calorífica nominal	1.43	kW
Consumo de calefacción nominal	1200.00	kW
Caudal de impulsión nominal	4.00	m³/h



- EQUIPO. AIRE AGUA BOMBA DE CALOR.

Aire agua bomba de calor: equipos que producen agua caliente para calefacción o para uso sanitario, utilizando la expansión directa de un refrigerante.

El evaporador de la unidad obtiene la energía del aire exterior.



Bomba de calor para la producción de agua caliente

Nombre

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

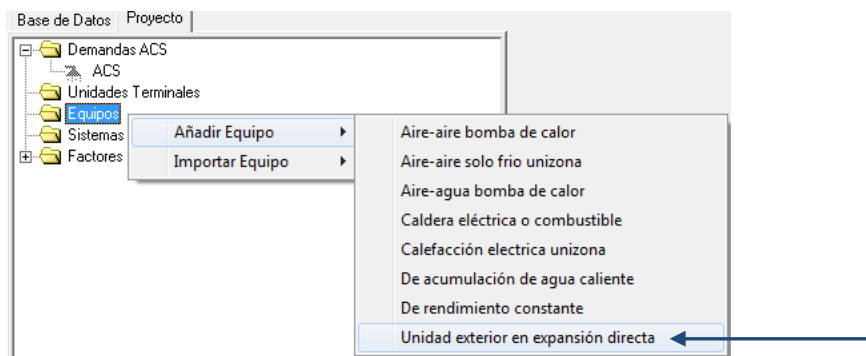
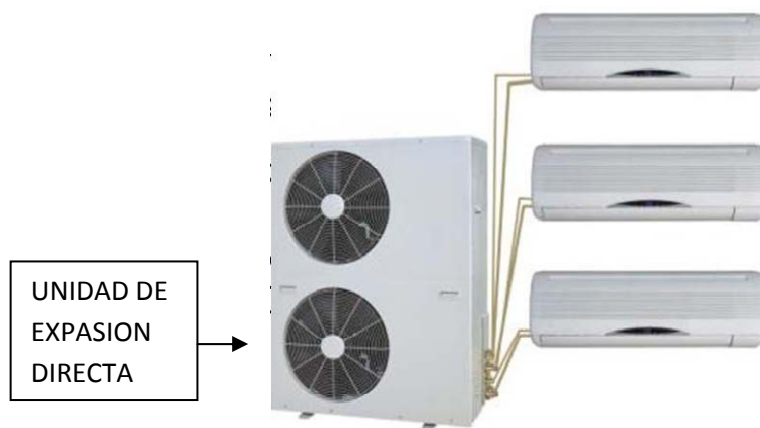
Capacidad nominal kW

Consumo nominal kW

- EQUIPOS. UNIDAD EXTERIOR EN EXPANSIÓN DIRECTA.

Unidad exterior en expansión directa: unidades exteriores de sistemas con múltiples unidades interiores (**multisplit**) que producen frío y calor de manera autónoma por cambio de fase de un refrigerante, utilizando la inversión del ciclo en régimen de invierno para producir calor.

Si la condensadora del equipo multisplit tiene compresores independientes para cada unidad interior no debería tratarse como unidad exterior en expansión directa sino como equipo Aire - aire con BDC (bomba de calor).



Unidad exterior de equipo autónomo aire-aire

Nombre

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

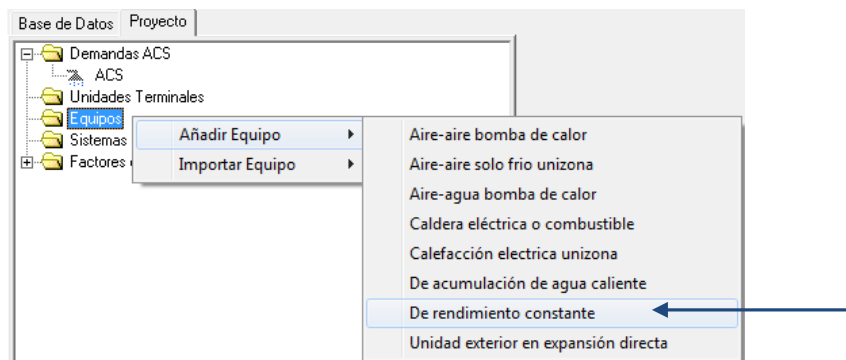
Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text"/>	kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text"/>	kW
Capacidad calorífica nominal	<input type="text"/>	kW
Consumo de calefacción nominal	<input type="text"/>	kW

Aceptar

- EQUIPO. EQUIPO DE RENDIMIENTO CONSTANTE.

Equipo de rendimiento constante: permite definir un equipo de refrigeración y/o calefacción con rendimiento constante. El usuario podrá definir cualquier equipo del que conozca su rendimiento medio estacional y aplicando "el principio de equivalencia" modelarlo como este tipo de equipo.

Se concibe por tanto este equipo como una posible salida a todos aquellos equipos que no se encuentren explícitamente incluidos en el alcance del programa.



Equipo ideal de rendimiento constante

Nombre

¿El equipo suministra calefacción? ☐ Si ☒ No

Rendimiento de calefacción

Tipo energía calefacción

¿El equipo suministra refrigeración? ☐ Si ☒ No

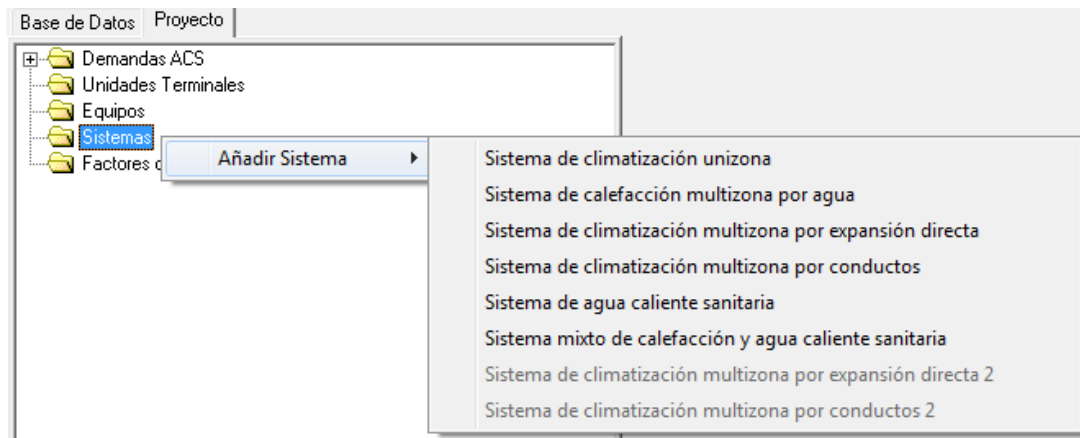
Rendimiento de refrigeración

Tipo energía refrigeración

SISTEMAS.

Los sistemas dentro del programa de cálculo, se definen para integrar los equipos y unidades terminales que conforman las instalaciones de climatización de la edificación, así como las de generación de ACS.

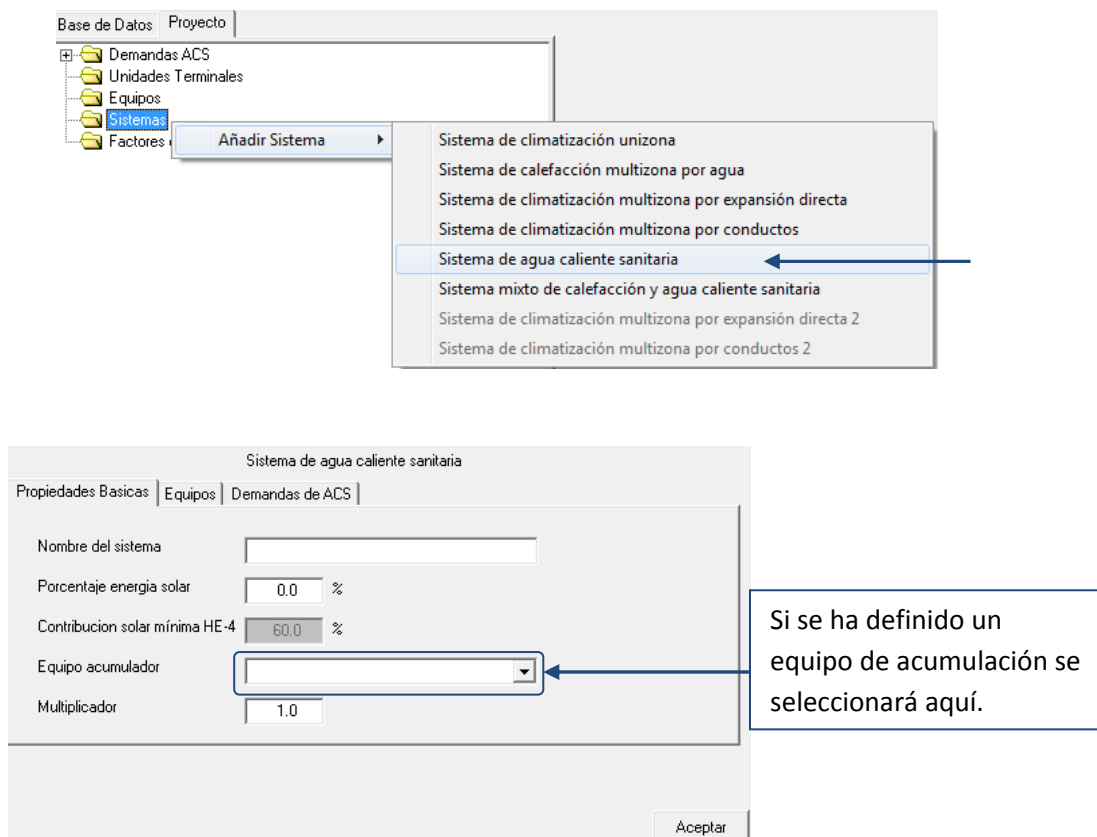
Los sistemas no se pueden definir hasta no haber introducido en el proyecto los equipos y unidades terminales que se van a utilizar.



✓ SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Sistema de agua caliente sanitaria: sólo proporciona ACS. Los pasos a seguir para cargarlo en el proyecto son:

1. Definir las propiedades básicas del sistema:



2. Seleccionar los equipos que forman parte del sistema:



Aquí se selecciona el equipo de generación de ACS (caldera).

3. Establecer la demanda de ACS. Se ha definido previamente tal y como se ha mostrado al principio del anexo.

Aquí se selecciona la demanda de ACS (definida previamente).

✓ SISTEMA MIXTO DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA.

Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria:

Proporciona ACS y calefacción mediante una caldera mixta. Pasos 1,2 y 3 son similares al sistema de ACS.

4. Asociar cada zona climatizada con las unidades terminales correspondientes.



Sistema mixto de calefacción y ACS

Propiedades Básicas | Equipos | Demandas de ACS | Unidades Terminales

Terminales	Zonas

Agregar Borrar Actualizar

Aceptar

Aquí se asocia cada zona con su unidad terminal (UT). Las unidades terminales serán de UT de agua caliente.

✓ SISTEMA DE CALEFACCIÓN MULTIZONA POR AGUA

Sistema de calefacción multizona por agua: sólo proporciona calefacción.

1. Definir las propiedades básicas del sistema:

Base de Datos | Proyecto

- Demandas ACS
- Unidades Terminales
- Equipos
- Sistemas**
- Factores

Añadir Sistema

- Sistema de climatización unizona
- Sistema de calefacción multizona por agua**
- Sistema de climatización multizona por expansión directa
- Sistema de climatización multizona por conductos
- Sistema de agua caliente sanitaria
- Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria
- Sistema de climatización multizona por expansión directa 2
- Sistema de climatización multizona por conductos 2

Sistema de calefacción multizona por agua

Propiedades Básicas | Equipos | Unidades Terminales

Nombre del sistema

Temperatura de impulsión 80.0 °C

Multiplicador 1.0

Aceptar

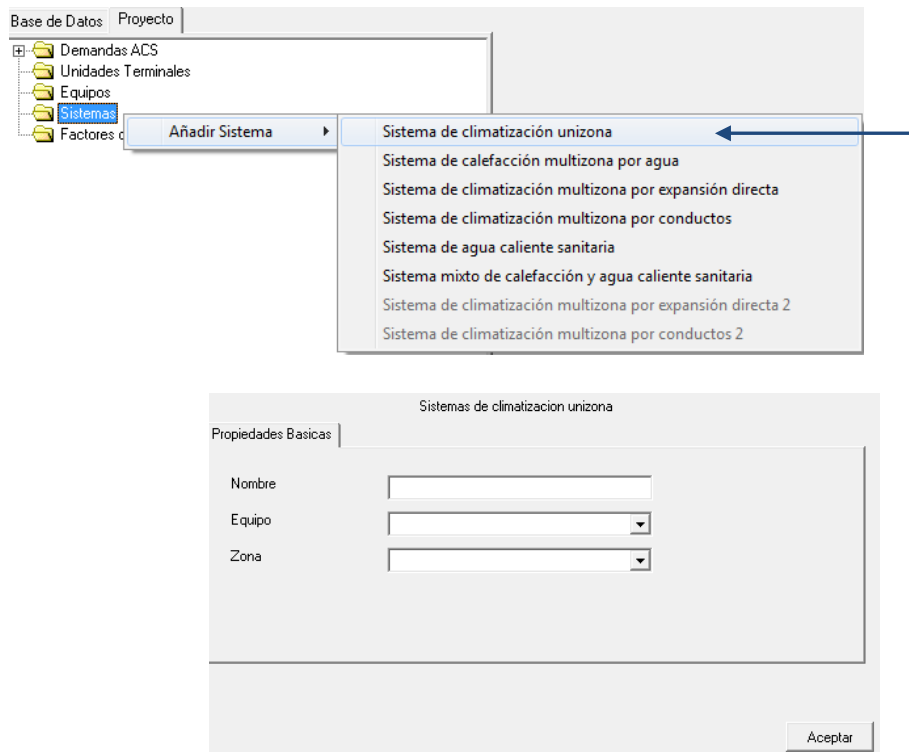
2. Seleccionar los equipos (calderas).

3. Asociar espacios y unidades terminales.

✓ SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN UNIZONA

Sistema de climatización unizona: sólo proporciona climatización a una zona (local).

1. Definir las propiedades básicas del sistema:

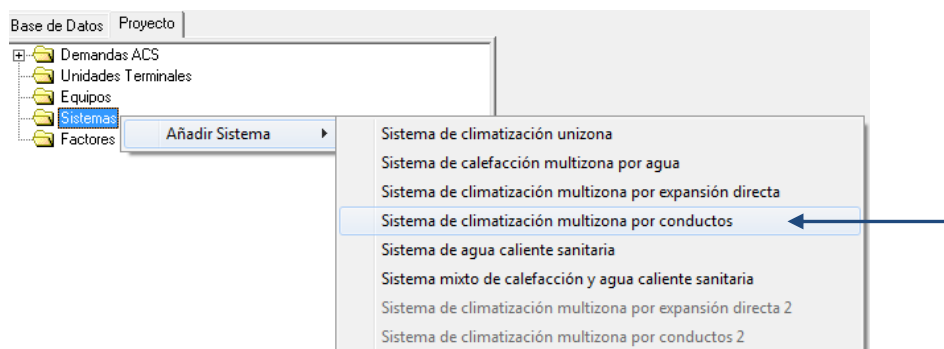


Los equipos pueden ser:

- Calefacción eléctrica unizona.
- Equipos aire aire (sólo frío o con BDC).
- De rendimiento constante.

✓ SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MULTIZONA POR CONDUCTOS

Sistema de climatización multizona **por conductos**: proporciona refrigeración y/o calefacción a un conjunto de zonas mediante una red de conductos que impulsan aire para abastecer la demanda en diferentes zonas.



1. Definir las propiedades básicas del sistema:

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema

Zona de control

Equipo

Multiplicador

Local en el que se sitúa el termostato que controla el funcionamiento de todo el sistema

Equipos aire aire (Sólo frío o con BDC). Equipos de rendimiento cte.

2. Asociar las unidades terminales con los espacios correspondientes.

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Terminales	Zonas

Agregar Borrar Actualizar

Las unidades terminales serán de impulsión de aire.

Aceptar

✓ SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MULTIZONA DE EXPANSIÓN DIRECTA

Sistema de climatización multizona de expansión directa: sistemas que proporcionan refrigeración y/o calefacción a un conjunto de zonas mediante unidades interiores en expansión directa conectadas a través de tuberías de refrigerante con una unidad exterior, comúnmente denominados "multisplit".

1. Definir las propiedades básicas del sistema:

Base de Datos | Proyecto

- Demandas ACS
- Unidades Terminales
- Equipos
- Sistemas**
- Factores

Añadir Sistema

- Sistema de climatización unizona
- Sistema de calefacción multizona por agua
- Sistema de climatización multizona por expansión directa
- Sistema de climatización multizona por conductos
- Sistema de agua caliente sanitaria
- Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria
- Sistema de climatización multizona por expansión directa 2
- Sistema de climatización multizona por conductos 2

Sistema de climatización multizona por expansión directa

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema:

Equipo:

Multiplicador:

Unidad exterior en expansión directa.
Equipos de rendimiento cte.

2. Asociar las unidades terminales con los espacios correspondientes.

Sistema de climatización multizona por expansión directa

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Terminales	Zonas

Agregar | Borrar | Actualizar

Unidades terminales en expansión directa.

Aceptar

✓ SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MULTIZONA DE EXPANSIÓN DIRECTA 2:

Sistema de climatización multizona de expansión directa 2: igual que el anterior pero incluye la posibilidad de recuperación de calor (mediante un sistema de tuberías de refrigerante a 3 tubos).

Sólo para edificios de uso terciario.

Base de Datos | Proyecto

- Demanda ACS
- Unidades Terminales
- Equipos
- Sistemas**
- Factores

Añadir Sistema

- Sistema de climatización unizona
- Sistema de calefacción multizona por agua
- Sistema de climatización multizona por expansión directa
- Sistema de climatización multizona por conductos
- Sistema de agua caliente sanitaria
- Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria
- Sistema de climatización multizona por expansión directa 2**
- Sistema de climatización multizona por conductos 2

Sistema de climatización multizona por expansión directa2

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

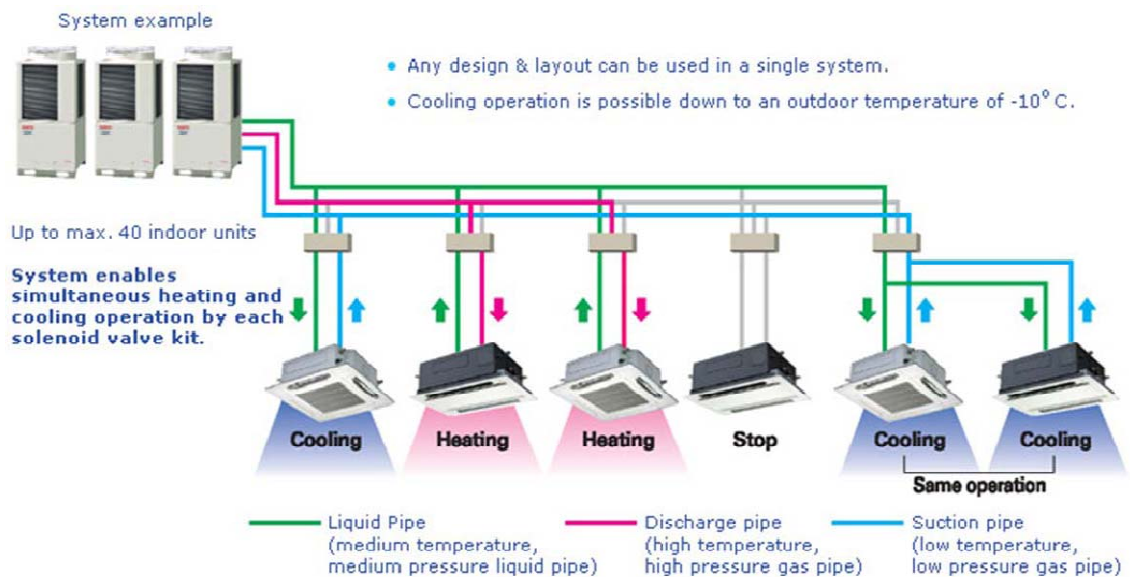
Nombre del sistema:

Equipo:

Multiplicador:

Recuperación de calor:

Especificar si existe recuperación de calor.



✓ SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DIRECTA MULTIZONA POR CONDUCTOS 2:

Sistema de climatización multizona por conductos 2: igual que el sistema multizona por conductos pero incluye la posibilidad de recuperación de calor y de enfriamiento gratuito.

Base de Datos | Proyecto

Demandas ACS
 Unidades Terminales
 Equipos
Sistemas
 Factores

Añadir Sistema

- Sistema de climatización unizona
- Sistema de calefacción multizona por agua
- Sistema de climatización multizona por expansión directa
- Sistema de climatización multizona por conductos
- Sistema de agua caliente sanitaria
- Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria
- Sistema de climatización multizona por expansión directa 2
- Sistema de climatización multizona por conductos 2

Sistema de climatización multizona por conductos 2

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema:

Equipo:

Zona de control:

Multiplicador: Enfriamiento gratuito: **Recuperación de calor**

Caudal de aire ventilación: m³/h Recuperación de calor: **Enfriamiento gratuito**

Caudal de aire retornado: m³/h Eficiencia recuperador:

Aceptar

Recuperadores estáticos:



Recuperadores rotativos:



EJEMPLOS PRÁCTICOS. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Una vez comprobando el cumplimiento de la limitación de la demanda energética del edificio mediante el software LIDER, el siguiente paso para obtener su calificación energética es introducir los sistemas de climatización y ACS en el software CALENER VYP y proceder a su calificación.

Para ello es necesario disponer de información sobre las características de los equipos empleados en estas instalaciones (potencias, rendimientos, caudal impulsado, etc.) y, en algunos casos, de la propia instalación. Por lo tanto, un requisito imprescindible para poder comenzar a introducir los sistemas de climatización es haber realizado previamente un cálculo de cargas térmicas que nos permita seleccionar los equipos adecuados a las necesidades del edificio.

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS

Los resultados obtenidos al realizar el cálculo para la vivienda objeto de nuestro ejemplo son los siguientes:

Espacio	S(m ²)	Denominación	Tipo	Carga refrigeración (W)	Carga calefacción (W)
P01_E01	6	Escalera sótano	No habitable	-	-
P01_E02	58	Sótano	No habitable	-	-
P02_E01	6	Escalera PB	Acondicionado	196	352
P02_E02	26	Salón	Acondicionado	1111	1111
P02_E03	3	Baño PB	Acondicionado	-	378
P02_E04	13	Dormitorio PB	Acondicionado	398	604
P02_E05	16	Cocina	Acondicionado	1075	1052
P03_E01	6	Escalera P1	Acondicionado	211	341
P03_E02	15,5	Dormitorio 1	Acondicionado	477	645
P03_E03	5	Baño 1	Acondicionado	-	424
P03_E04	3	Baño 2	Acondicionado	-	373
P03_E05	13	Dormitorio 2	Acondicionado	443	578
P03_E06	13	Dormitorio 3	Acondicionado	440	578
P03_E07	3	Baño 3	Acondicionado	-	373
P03_E08	5,5	Pasillo	Acondicionado	199	262
P04_E01	81	Bajo cubierta	No habitable	-	-

Se procederá a realizar las calificaciones energéticas de dicha vivienda considerando **6 posibles sistemas de climatización y de generación de ACS**, para que el anexo realmente funcione como guía para un posible uso en cualquier otra edificación.

A). SISTEMA DE ACS

El caso más simple que se puede presentar es el de un edificio en el que únicamente existe la instalación de ACS.

CALENER VYP no nos permite definir un edificio en el que no exista instalación de ACS, mientras que sí es posible definir edificios sin instalación de calefacción y/o refrigeración. Cuando no introducimos alguna de las instalaciones “optativas”, CALENER nos asigna una instalación por defecto que tiene unos rendimientos muy bajos y que por tanto no nos va a permitir obtener una buena calificación.



El sistema de ACS que vamos a introducir será un termo eléctrico de 100 litros y 3kW de potencia. Para el rendimiento eléctrico tomaremos un valor de 1, mientras que para el coeficiente de pérdidas (U .A) lo debería de proporcionar el fabricante del equipo, pero no es habitual que lo haga (sí es más habitual en grandes depósitos de acumulación, por ejemplo en instalaciones solares). Si no disponemos de ese dato pero si conocemos las dimensiones del depósito y las condiciones de funcionamiento, siempre tenemos la posibilidad de obtener el valor de U.A empleando el software AISLAM, que es un documento reconocido por el RITE y se puede descargar gratuitamente desde la pagina del ministerio de industria.

A partir del dato que nos ha dado el software del flujo de calor ($Q = 61,62 \text{ W}$) y de la diferencia de temperatura entre el agua en el interior del deposito (80°C) y el aire ambiente (20°C) es inmediato obtener el coeficiente ($U.A, \text{ W}/^{\circ}\text{C}$).

$$\frac{Q = U \cdot A}{(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})} = \frac{61,62}{80^{\circ} - 20^{\circ}} = \frac{61,62}{60} = 1.027 \approx 1$$

Con ello tendremos todos los datos que necesitamos para definir nuestro sistema de ACS. El proceso será el siguiente.

1. Definimos la demanda de ACS:

Base de Datos Proyecto

- Demandas ACS**
 - Unidades Termin
 - Equipos
 - Sistemas
 - Factores de Corrección

Añadir demanda ACS

Demanda de ACS

Nombre: Demanda_ACS

Consumo total diario: 0,90 l/(m² día)

Área habitable cubierta: 128,00 m²

Temperatura de utilización: 60 °C

Temperatura del agua de red: 14,6 °C

Aceptar

Introducimos nosotros el Nombre

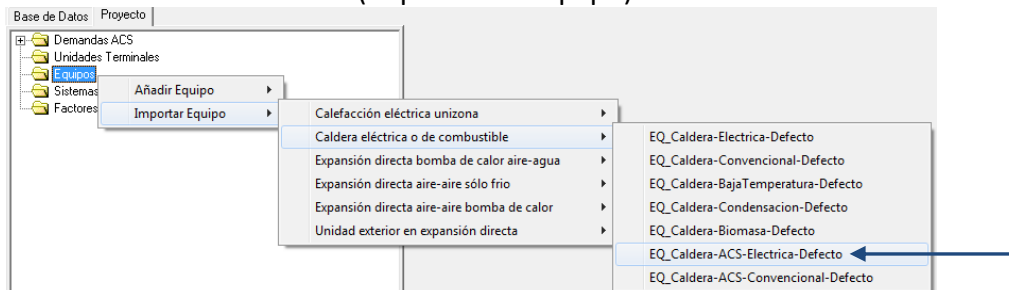
No modificable

Depende de la zona climática. No modificable

2. Ahora introducimos los equipos. En este caso tendremos que introducir 2 equipos. Termo eléctrico: hay que introducirlo como si fuese 2 equipos por separado, por un lado la resistencia eléctrica, que se introduce como una

caldera eléctrica de ACS y por otro el depósito, que se introduce como acumulador:

a. Introducimos la resistencia (importamos equipo):



Como ya dijimos anteriormente al importar un equipo en Calener también se importan las tablas asociadas que vienen por defecto.

Equipo caldera eléctrica o combustible

Nombre:

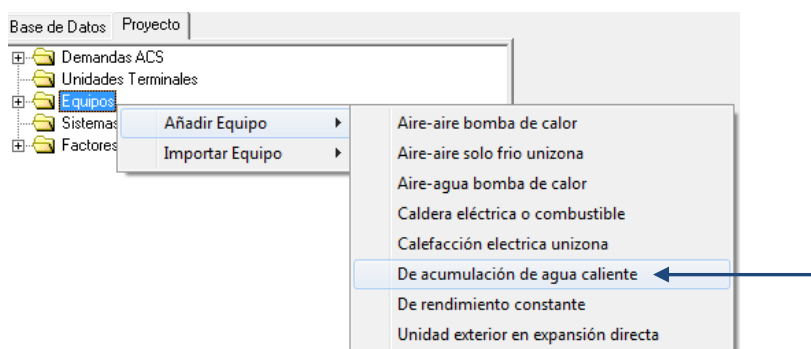
Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad Total: kW

Rendimiento nominal:

Tipo energía:

b. Introducimos el depósito (añadimos equipo):



Equipo acumulación agua caliente

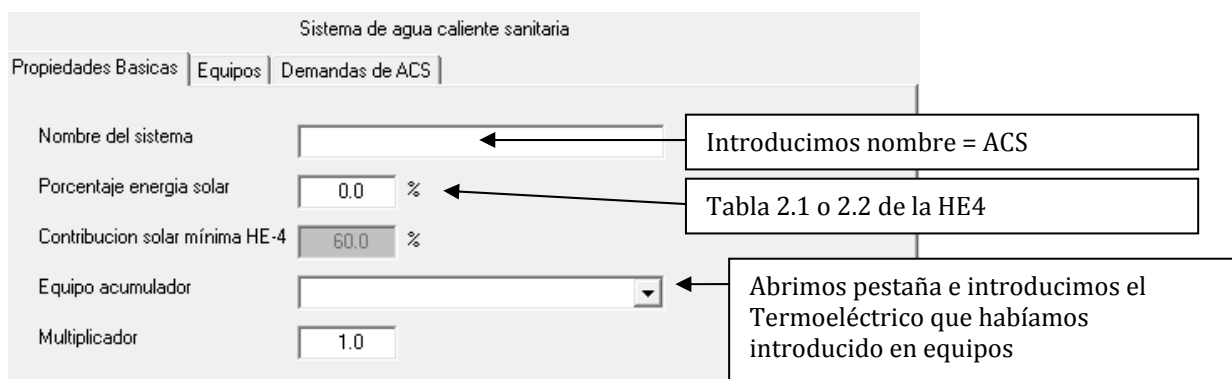
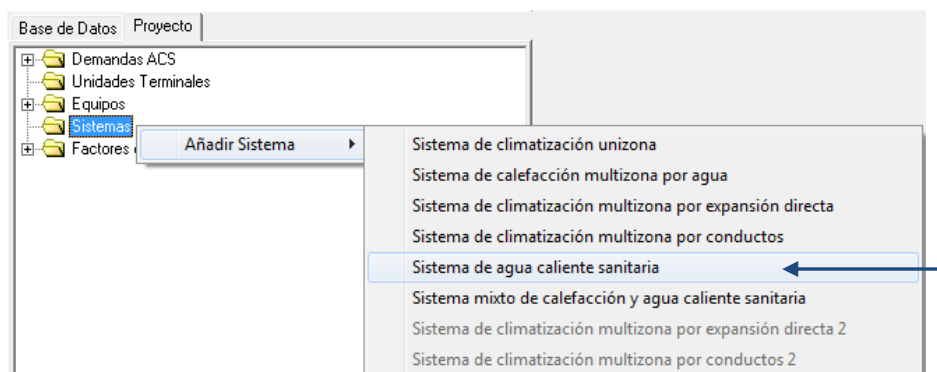
Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Volumen del depósito en litros: l

Coefficiente de pérdidas, UA: W/°C

3. Una vez introducidos estos datos nos vamos a añadir sistema de agua caliente sanitaria:



Al introducir el sistema de ACS, CALENER nos pide información sobre la contribución solar mínima, que debemos tomar de las tablas 2.1 o 2.2 de la HE4. En nuestro caso, al emplear un sistema de ACS eléctrico debemos tomar los datos de la tabla 2.2. Se considera que la vivienda se va a situar en la localidad de Cartagena la cual tendrá asignada una zona climática IV, en función de la radiación solar por metro cuadrado de superficie anual.

Las zonas climáticas se encuentran en el anexo del DB HE.4 del CTE.

MURCIA	Águilas	V
	Alcantarilla	IV
	Caravaca de la Cruz	V
	Cartagena	IV
	Cieza	V
	Jumilla	V
	Lorca	V
	Molina de Segura	V
	Murcia	IV
	Torre-Pacheco	IV

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

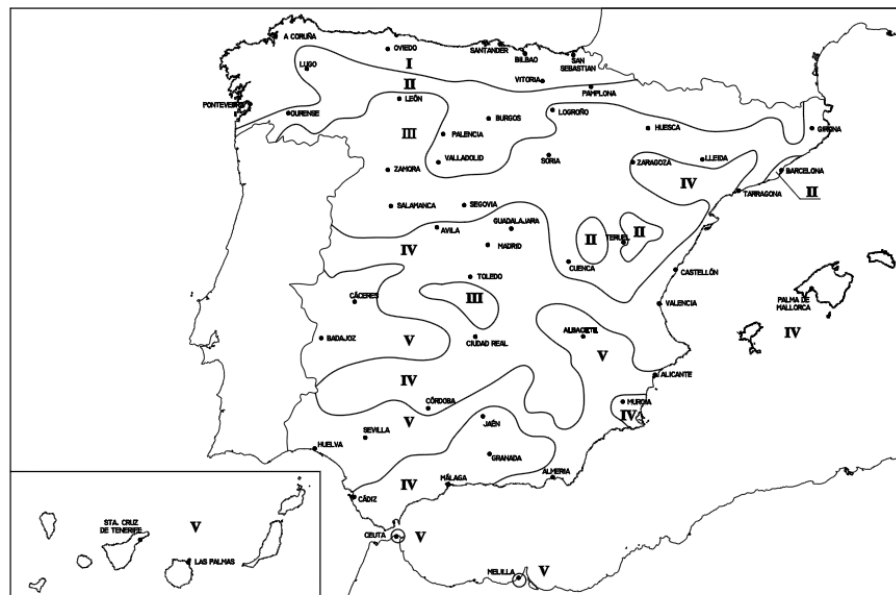


Fig. 3.1. Zonas climáticas

Después insertamos equipo que ya habíamos definido:

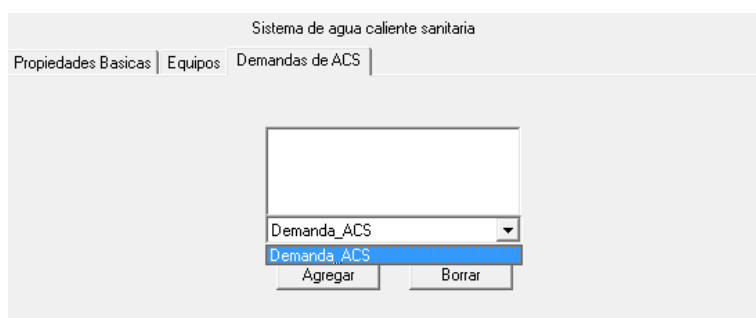
Sistema de agua caliente sanitaria

Propiedades Básicas Equipos Demandas de ACS

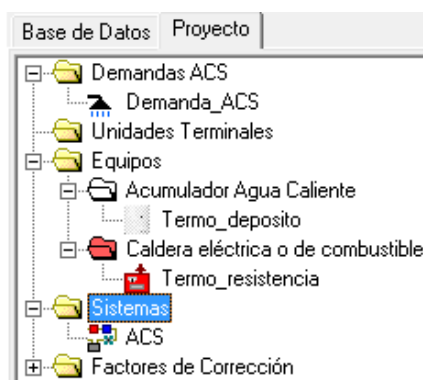
Termo_resistencia

Agregar Borrar

Y la demanda de ACS:



Una vez hemos insertado el sistema ACS, únicamente debemos de darle al botón calcular:



4. Resultados del cálculo de la calificación energética:

Cuando introducimos toda la información del sistema y calificamos este edificio obtenemos los siguientes resultados:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<5.4 A						
5.4-10.3 B						
10.3-17.3 C						
17.3-27.8 D	24.5 D			26.4 D		
>27.8 E						
F						
G						
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39.3	5030.4	E	61.5	7872.0
Demanda refrigeración	B	10.5	1344.0	B	10.7	1369.6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	15.1	1932.8	E	19.7	2521.6
Emisiones CO ₂ refrigeración	C	4.0	512.0	C	4.1	524.8
Emisiones CO ₂ ACS	E	5.4	691.2	D	2.6	332.8
Emisiones CO ₂ totales			3136.0			3379.2

El programa reporta en esta gráfico la letra de la calificación energética de la vivienda en función del indicador de emisiones de CO₂ totales por metro

cuadrado y comparándola con el edificio de referencia que se obtendría de generar el edificio con las características básicas del DB HE-1 del CTE y aportando los sistemas más básicos para climatización y generación de ACS.

B). SISTEMA DE CONDUCTOS SÓLO FRÍO

Ahora le vamos a meter un sistema de frío

Problema importante que es un error del software, no funciona bien cuando en un mismo espacio ponemos dos sistemas multi-zona

Hay que hacer una calculo de cargas del edificio antes de hacer nada importante para saber que equipos vamos a poner

Partiendo del caso anterior, introduciremos además de una instalación de refrigeración por conductos, que un primer caso supondremos que sólo es capaz de proporcionar frío, es decir, supondremos que no hay sistema de sistema de calefacción, de forma que CALENER nos asignará uno por defecto.

✓ CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE FRÍO

El equipo de producción de frío será una unidad de baja silueta Carrier modelo 40 XPD. Los datos proporcionados por el fabricante para este modelo son:

X-POWER B TEIDE		25B	35B	45B	50B	65B	70B	100B-S	100B	125B
Capacidad frigorífica Nominal	kW-(Kcal/h)	2,25-(1935)	3,50-(3010)	4,50-(3870)	5,00-(4300)	6,50-(5590)	7,00-(6020)	10,00-(8600)	10,00-(8600)	12,50-(10750)
Capacidad frigorífica Min.	kW-(Kcal/h)	1,00-(860)	0,80-(688)	0,80-(688)	0,77-(662)	0,85-(731)	1,81-(1557)	3,40-(2924)	3,40-(2924)	3,41-(2933)
Capacidad frigorífica Máx.	kW-(Kcal/h)	2,75-(2365)	4,00-(3440)	5,00-(4300)	5,77-(4962)	7,01-(6029)	8,32-(7155)	12,50-(10750)	12,50-(10750)	14,70-(12642)
Consumo eléctrico Nominal	W	747	1086	1495	1660	2160	2325	3322	3322	4448
E.E.R (Eficiencia en frío)	W/W	3,01	3,22	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	2,81
Clase Energética (Frío)		B	A	B	B	B	B	B	B	nd
C.E.A (Consumo eléctrico anual)	kWh	373	543	747	830	1080	1163	1661	1661	-
Capacidad calorífica Nominal	kW-(Kcal/h)	3,40-(2924)	4,40-(3784)	5,50-(4730)	5,50-(4730)	7,00-(6020)	7,20-(6192)	10,40-(8944)	11,00-(9460)	13,10-(11266)
Capacidad calorífica Min.	kW-(Kcal/h)	0,90-(774)	0,90-(774)	0,90-(774)	0,86-(740)	0,85-(731)	1,83-(1574)	3,39-(2915)	3,59-(3087)	3,70-(3182)
Capacidad calorífica Máx.	kW-(Kcal/h)	4,70-(4042)	5,70-(4902)	6,80-(5848)	6,44-(5538)	8,88-(7637)	8,54-(7344)	13,11-(11274)	13,87-(11928)	16,06-(13812)
Consumo eléctrico Nominal	W	941	1023	1375	1615	2050	2110	3240	3225	3960
C.O.P.	W/W	3,61	4,30	4,00	3,41	3,41	3,41	3,21	3,41	3,31
Clase Energética (Calor)		A	A	A	B	B	B	C	B	nd

Unidad Interior		40SQM025	40XPD040	40XPD040	40XPD050	40XPD070	40XPD070	40XPD100S	40XPD100	40XPD125
Deshumidificación	l/h	0,9	1,6	1,7	1,6	2,5	2,6	4,1	3,3	3,8
Caudal de aire nominal (B/M/A)	m3/h	371/425/500	756/947/1044	756/947/1044	756/947/1044	738/760/968	738/760/968	1066/1282/1426	1404/1714/2030	2048/2218/2401
Presión estática Nominal	Pa	50	50	50	50	50	50	50	80	80
Nivel presión sonora (B/M/A) (Frío)dB(A) (1)		42/44/45	39/40/42	39/40/42	39/40/42	38/40/42	38/40/42	39/42/45	44/46/49	47/51/54
Nivel potencia sonora (B/M/A) (Frío) dB(A)		56/57/59	52/53/55	52/53/55	52/53/55	51/53/55	51/53/55	52/55/58	57/59/62	60/64/67
Nivel presión sonora (B/M/A) (Calor)dB(A) (1)		42/44/45	39/40/42	39/40/42	39/40/42	38/40/42	38/40/42	39/42/45	44/46/49	47/51/54
Nivel potencia sonora (B/M/A) (Calor)dB(A)		56/57/59	52/53/55	52/53/55	52/53/55	51/53/55	51/53/55	52/55/58	57/59/62	60/64/67
Dimensiones (AlxAxAnxPr)	mm	220x725x555	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x1325x750	290x1325x750
Peso	kg	23	32	32	32	35	35	49	48	53
Tensión de alimentación	V-ph-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50



En este modelo de fabricante no proporciona información más detallada, por lo que la obtención de la potencia sensible del equipo, que es un dato que nos pide CALENER, resulta un poco costosa.

Asumiendo que el aire entra por el evaporador del equipo a una T^a seca de 26°C y con una humedad relativa del 50%, es posible obtener la potencia latente a partir del dato de “deshumidificación” proporcionado por el fabricante:

Entrada: aire a 26°C y 50% HR			
Densidad (kg/m^3)	1.1606	1.1606	Diagrama psicrométrico
Humedad esp. Inicial (g/kg a.s.)	10.5	10.5	Diagrama psicrométrico
Entalpía (kJ/kg)	52.74	52.74	Diagrama psicrométrico
Caudal total trabajado (m^3/h)	500	1044	Catálogo
Masa total tratada (kg/h)	580.3	1211.6664	Caudal x densidad
Masa agua en ese caudal (kg/h)	6.09315	12.7224972	Masa total x humedad esp.
Masa agua eliminada (kg/h)	0.9	1.6	Catálogo
Humedad esp. “eliminada” (g/kg a.s.)	1.55092194	1.32049548	(humedad esp. x agua elim)/masa agua
Humedad esp. “salida” (g/kg a.s.)	8.94907806	9.17950452	(hum. esp. inicial) – (hum. esp. eliminada)
Entalpía “salida” (kJ/kg)	48.8	49.39	Diagrama psicrométrico
Potencia latente (W)	635.106111	1127.5229	(masa trat.)x[(entalp. entr)-(entalp.sal)]

<u>Transformaciones realizadas</u>										
Presión total = 101325 Pa equivalente a 1013 mbar correspondientes a una altitud de 0 m										
Punto	$T_s(^{\circ}\text{C})$	Hr (%)	W(g/kg)	$T_h(^{\circ}\text{C})$	$T_r(^{\circ}\text{C})$	H(kJ/kg)	Pv(Pa)	Den(kg/m^3)	ve(m^3/kg)	Caudal(m^3/h)
1	26	50	10,5	18,7	14,78	52,74	1682	1,1606	0,8616	0
2	26	42,74	8,95	17,45	12,37	48,8	1437	1,1634	0,8595	0
3	26	43,82	9,18	17,64	12,75	49,39	1474	1,163	0,8598	0

En otros casos, el fabricante proporciona información de la que resulta mucho más sencillo obtener la potencia sensible.

A título de ejemplo se incluye una tabla de características proporcionada por el mismo fabricante para un modelo distinto (40DMC), donde TC es la potencia total y SHC es la potencia sensible.



38BC009G+40SMC009

480 m³/h

DB OD °C		TEMP. HÚMEDA DE ENTRADA AIRE INTERIOR °C				
		15	17	19	21	23
15	TC	2,79	2,93	3,01	3,09	3,17
	SHC	3,20	2,84	2,44	2,09	1,75
	kW	0,68	0,70	0,70	0,71	0,72
20	TC	2,74	2,87	3,01	3,09	3,20
	SHC	3,15	2,84	2,49	2,11	1,75
	kW	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79
25	TC	2,66	2,76	2,93	3,06	3,17
	SHC	3,10	2,80	2,46	2,11	1,75
	kW	0,81	0,81	0,82	0,84	0,85
30	TC	2,55	2,66	2,82	2,98	3,09
	SHC	3,01	2,75	2,42	2,11	1,73
	kW	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92
35	TC	2,44	2,55	2,71	2,87	3,01
	SHC	2,84	2,70	2,37	2,06	1,68
	kW	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00
40	TC	2,30	2,36	2,57	2,76	2,90
	SHC	2,70	2,61	2,32	2,01	1,66
	kW	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09
43	TC	2,22	2,28	2,49	2,66	2,85
	SHC	2,63	2,54	2,28	1,97	1,61
	kW	1,07	1,08	1,10	1,12	1,14

Sobre el caudal nominal impulsado por el equipo, debemos tener en cuenta que, tal y como nos indican en la ayuda del programa, ese valor deberá corregirse en el caso de que exista una red de conductos en la descarga que afecte a este valor.

Por tanto, además del cálculo de cargas térmicas, es necesario haber hecho previamente el dimensionamiento de red de conductos.

✓ CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE LAS UNIDADES TERMINALES.

En este caso las unidades terminales serán de impulsión de aire. La única característica que debemos incluir en estas unidades es su caudal de impulsión nominal.

Es muy importante tener en cuenta que la suma de caudales de todas las unidades terminales asociadas a un equipo debe coincidir con el caudal nominal de impulsión de ese equipo.

En nuestro caso no disponemos de los datos del dimensionamiento de la red de conductos, por lo que para continuar con el ejemplo supondremos que, debido a las características de la red de conductos, el caudal real impulsado por el equipo es un 90% del caudal nominal.

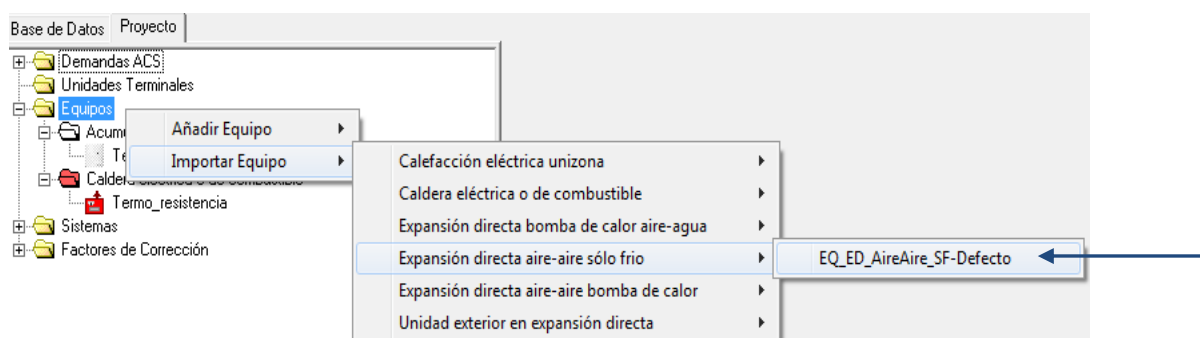
El caudal de impulsión de cada unidad terminal debe igualmente obtenerse del cálculo de conductos. En nuestro caso calcularemos el caudal que sale por cada unidad a partir del caudal real de impulsión supuesto, la carga térmica total de cada planta y la carga térmica del espacio correspondiente. Operando de esa forma obtenemos:

Espacio	S(m2)	Denominación	Tipo	Carga refrigeración (W)	Carga calefacción (W)	Caudal impulsión
P01_E01	6	Escalera sótano	No habitable	-	-	
P01_E02	58	Sótano	No habitable	-	-	
P02_E01	6	Escalera PB	Acondicionado	196	352	66.24518
P02_E02	26	Salón	Acondicionado	1111	1111	375.50201
P02_E03	3	Baño PB	Acondicionado	-	378	-
P02_E04	13	Dormitorio PB	Acondicionado	398	604	134.51827
P02_E05	16	Cocina	Acondicionado	1075	1052	363.33453
P03_E01	6	Escalera P1	Acondicionado	211	341	53.644068
P03_E02	15,5	Dormitorio 1	Acondicionado	477	645	121.27119
P03_E03	5	Baño 1	Acondicionado	-	424	-
P03_E04	3	Baño 2	Acondicionado	-	373	-
P03_E05	13	Dormitorio 2	Acondicionado	443	578	112.62712
P03_E06	13	Dormitorio 3	Acondicionado	440	578	111.86441
P03_E07	3	Baño 3	Acondicionado	-	373	-
P03_E08	5,5	Pasillo	Acondicionado	199	262	50.59322
P04_E01	81	Bajo cubierta	No habitable	-	-	
TOTAL P1				2780		939.6
TOTAL P2				1770		450

Con ello tendremos todos los datos que necesitamos para definir nuestro sistema de ACS + refrigeración por conductos.

Teniendo en cuenta que ya está definido el sistema de ACS, tendremos que definir ahora únicamente el sistema de refrigeración por conductos. El proceso será el siguiente:

- 1- Introducimos los equipos (hay que introducir dos equipos de Expansión directa aire-aire, uno para cada planta.



Equipo de expansión directa aire-aire planta baja.



Equipo aire aire solo frio

Nombre:

Propiedades Basicas | Propiedades Avanzadas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text" value="3.5"/> kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text" value="2.4"/> kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text" value="1.1"/> kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text" value="939.5"/> m³/h

DATOS DE CATÁLOGO

En sistemas de conductos tiene que coincidir con la suma de los caudales de las unidades terminales de impulsión de aire

Equipo de expansión directa aire-aire planta primera.

Equipo aire aire solo frio

Nombre:

Propiedades Basicas | Propiedades Avanzadas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text" value="2.3"/> kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text" value="1.6"/> kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text" value="0.8"/> kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text" value="450"/> m³/h

DATOS DE CATÁLOGO

En sistemas de conductos tiene que coincidir con la suma de los caudales de las unidades terminales de impulsión de aire

2- Introducimos las unidades terminales (unidades terminales de impulsión de aire, una por cada espacio climatizado):

Base de Datos | Proyecto

- Demandas ACS
- Unidades Terminales**
 - Añadir Unidad Terminal
 - Importar Unidad Terminal
- Equipos
- Sistemas
- Factores de Corrección

U.T. Unidad Interior

U.T. De Agua Caliente

U.T. De impulsión de aire

UT_ImpulsionAire

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre:

Caudal de impulsión nominal: m³/h

Aceptar

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre:

Caudal de impulsión nominal: m³/h

Aceptar

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre

Caudal de impulsión nominal m³/h

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre

Caudal de impulsión nominal m³/h

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre

Caudal de impulsión nominal m³/h

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre

Caudal de impulsión nominal m³/h

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre

Caudal de impulsión nominal m³/h

Unidad terminal impulsión de aire

Nombre

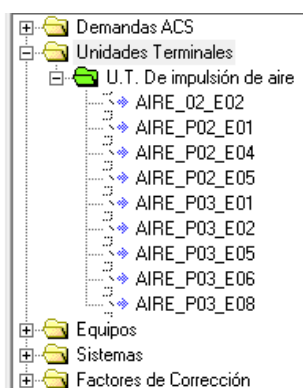
Caudal de impulsión nominal m³/h

Unidad terminal impulsión de aire

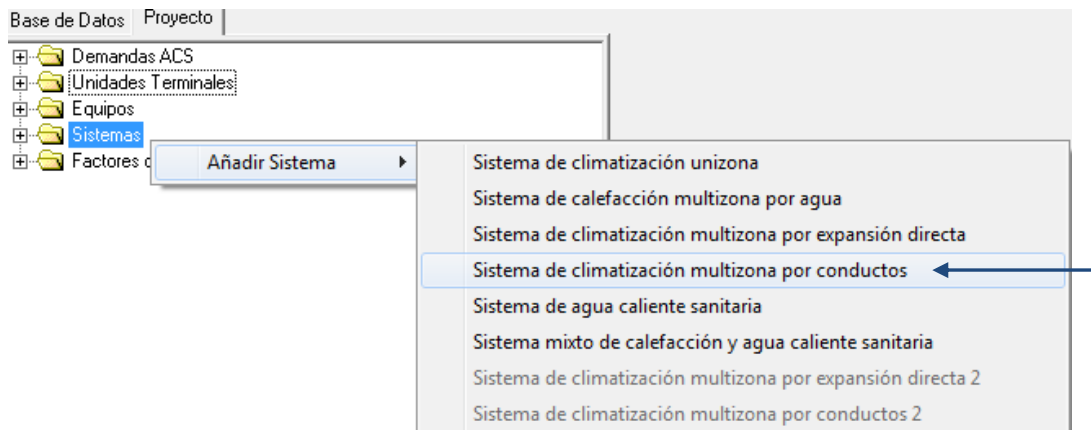
Nombre

Caudal de impulsión nominal m³/h

El árbol del proyecto mostrará cada una de las unidades terminales introducidas:



3- Introducimos el sistema:



PLANTA 1ª

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema: CONDUCTOS_PB

Zona de control: P02_E02

Equipo: CONDUCTOS_PB

Multiplicador: 1.0

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Básicas | Unidades Terminales

Terminales	Zonas
AIRE_P02_E01	P02_E01
AIRE_02_E02	P02_E02
AIRE_P02_E04	P02_E04
AIRE_P02_E05	P02_E05

Agregar | Borrar | Actualizar

PLANTA 1ª

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema:

Zona de control:

Equipo:

Multiplicador:

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

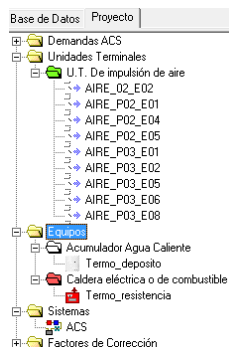
Terminales	Zonas
AIRE_P03_E01	P03_E01
AIRE_P03_E02	P03_E02
AIRE_P03_E05	P03_E05

Resultado de cálculo:

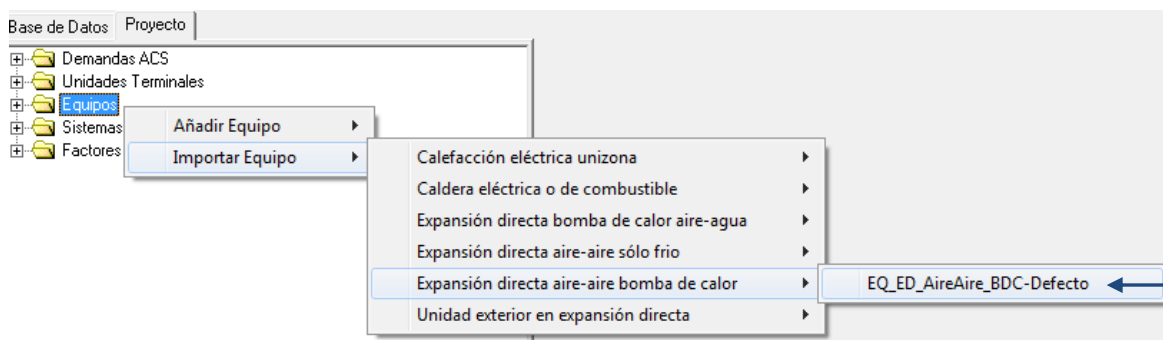
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<5.4 A						
5.4-10.3 B						
10.3-17.3 C	14.6 C					
17.3-27.8 D				26.4 D		
>27.8 E						
F						
G						
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39.3	5030.4	E	61.5	7872.0
Demanda refrigeración	B	10.5	1344.0	B	10.7	1369.6
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	5.1	652.8	E	19.7	2521.6
Emisiones CO2 refrigeración	C	4.1	524.8	C	4.1	524.8
Emisiones CO2 ACS	E	5.4	691.2	D	2.6	332.8
Emisiones CO2 totales			1868.8			3379.2

C). SISTEMA DE CONDUCTOS CON BDC (Bomba de calor)

Introducimos ahora un sistema de expansión directa aire – aire con bomba de calor.



El procedimiento es básicamente el mismo que para el caso 2. De hecho, partiremos del caso 2 y eliminaremos los 2 sistemas de conductos y los 2 equipos solo frío, pero aprovecharemos las unidades terminales de impulsión de aire que definimos en ese caso. Definiremos 2 nuevos equipos, que ahora serán de expansión directa aire-aire con bomba de calor:



Para estos equipos, además de las características de funcionamiento en modo frío, hay que especificar las características en modo calefacción. De acuerdo con el fabricante, esas características son:

X-POWER BTEIDE BOMBA DE CALOR	25B	35B	45B	50B	65B	70B	100B-S	100B	125B
Capacidad frigorífica Nominal	2,25-(1935)	3,50-(3010)	4,50-(3870)	5,00-(4300)	6,50-(5590)	7,00-(6020)	10,00-(8600)	10,00-(8600)	12,50-(10750)
Capacidad frigorífica Min.	1,00-(860)	0,80-(688)	0,80-(688)	0,77-(662)	0,85-(731)	1,81-(1557)	3,40-(2924)	3,40-(2924)	3,41-(2933)
Capacidad frigorífica Máx.	2,75-(2365)	4,00-(3440)	5,00-(4300)	5,77-(4962)	7,01-(6029)	8,32-(7155)	12,50-(10750)	12,50-(10750)	14,70-(12642)
Consumo eléctrico Nominal	747	1086	1495	1660	2160	2325	3322	3322	4448
E.E.R.(Eficiencia en frío)	3,01	3,22	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	2,81
Clase Energética (Frío)	B	A	B	B	B	B	B	B	nd
C.E.A.(Consumo eléctrico anual)	373	543	747	830	1080	1163	1661	1661	-
Capacidad calorífica Nominal	3,40-(2924)	4,40-(3784)	5,50-(4730)	5,50-(4730)	7,00-(6020)	7,20-(6192)	10,40-(8944)	11,00-(9460)	13,10-(11266)
Capacidad calorífica Min.	0,90-(774)	0,90-(774)	0,90-(774)	0,86-(740)	0,85-(731)	1,83-(1574)	3,39-(2915)	3,59-(3087)	3,70-(3182)
Capacidad calorífica Máx.	4,70-(4042)	5,70-(4902)	6,80-(5848)	6,44-(5538)	8,88-(7637)	8,54-(7344)	13,11-(11274)	13,87-(11928)	16,06-(13812)
Consumo eléctrico Nominal	941	1023	1375	1615	2050	2110	3240	3225	3960
C.O.P.	3,61	4,30	4,00	3,41	3,41	3,41	3,21	3,41	3,31
Clase Energética (Calor)	A	A	A	B	B	B	C	B	nd

Unidad Interior	40SQM025	40XPD040	40XPD040	40XPD050	40XPD070	40XPD070	40XPD100S	40XPD100	40XPD125
Deshumidificación	0,9	1,6	1,7	1,6	2,5	2,6	4,1	3,3	3,8
Caudal de aire nominal (B/M/A)	371/425/500	756/947/1044	756/947/1044	756/947/1044	738/760/968	738/760/968	1066/1282/1426	1404/1714/2030	2048/2218/2401
Presión estática Nominal	50	50	50	50	50	50	50	80	80
Nivel presión sonora (B/M/A) (Frío)dB(A) (1)	42/44/45	39/40/42	39/40/42	39/40/42	38/40/42	38/40/42	39/42/45	44/46/49	47/51/54
Nivel potencia sonora (B/M/A) (Frío)dB(A)	56/57/59	52/53/55	52/53/55	52/53/55	51/53/55	51/53/55	52/55/58	57/59/62	60/64/67
Nivel presión sonora (B/M/A) (Calor)dB(A) (1)	42/44/45	39/40/42	39/40/42	39/40/42	38/40/42	38/40/42	39/42/45	44/46/49	47/51/54
Nivel potencia sonora (B/M/A) (Calor)dB(A)	56/57/59	52/53/55	52/53/55	52/53/55	51/53/55	51/53/55	52/55/58	57/59/62	60/64/67
Dimensiones (AlxAxPr)	220x775x555	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x925x750	290x1375x750	290x1375x750	290x1375x750
Peso	23	32	32	32	35	35	49	48	53
Tensión de alimentación	V-ph-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50

Introducimos el equipo de aire-aire bomba de calor en planta 1ª.

Equipo aire aire bomba de calor

Nombre:

Propiedades Basicas | Propiedades Avanzadas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text" value="2,25"/>	kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text" value="1,6"/>	kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text" value="0,75"/>	kW
Capacidad calorífica nominal	<input type="text" value="3,40"/>	kW
Consumo de calefacción nominal	<input type="text" value="0,95"/>	kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text" value="450"/>	m³/h

Introducimos el equipo de aire-aire bomba de calor en planta baja.

Equipo aire aire bomba de calor

Nombre:

Propiedades Basicas | Propiedades Avanzadas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text" value="3,5"/>	kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text" value="2,4"/>	kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text" value="1,1"/>	kW
Capacidad calorífica nominal	<input type="text" value="4,4"/>	kW
Consumo de calefacción nominal	<input type="text" value="1"/>	kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text" value="939,5"/>	m³/h

Añadimos el sistema de climatización multizona por conductos:

Base de Datos | Proyecto

- Demandas ACS
- Unidades Terminales
- Equipos
- Sistemas**
- Factores

Añadir Sistema

- Sistema de climatización unizona
- Sistema de calefacción multizona por agua
- Sistema de climatización multizona por expansión directa
- Sistema de climatización multizona por conductos**
- Sistema de agua caliente sanitaria
- Sistema mixto de calefacción y agua caliente sanitaria
- Sistema de climatización multizona por expansión directa 2
- Sistema de climatización multizona por conductos 2

- Sistema de climatización por conductos planta baja.

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema: CONDUCTOS_PB

Zona de control: P02_E02

Equipo: BDC_PB

Multiplicador: 1.0

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Terminales	Zonas
AIRE_P02_E01	P02_E01
AIRE_02_E02	P02_E02
AIRE_P02_E04	P02_E04
AIRE_P02_E05	P02_E05

Agregar | Borrar | Actualizar

- Sistema de climatización por conductos planta 1ª.

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Nombre del sistema: CONDUCTOS_P1

Zona de control: P03_E08

Equipo: BDC_P1

Multiplicador: 1.0

Sistema de climatización multizona por conductos

Propiedades Basicas | Unidades Terminales

Terminales	Zonas
AIRE_P03_E01	P03_E01
AIRE_P03_E02	P03_E02
AIRE_P03_E05	P03_E05

Agregar | Borrar | Actualizar

Una vez introducidos todos los datos calificamos nuestro edificio y nos salen los siguientes resultados:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<5.4 A						
5.4-10.3 B						
10.3-17.3 C						
17.3-27.8 D	21.4 D			26.4 D		
>27.8 E						
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39.3	5030.4	E	61.5	7872.0
Demanda refrigeración	B	10.5	1344.0	B	10.7	1369.6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	11.9	1523.2	E	19.7	2521.6
Emisiones CO ₂ refrigeración	C	4.1	524.8	C	4.1	524.8
Emisiones CO ₂ ACS	E	5.4	691.2	D	2.6	332.8
Emisiones CO ₂ totales			2739.2			3379.2

En este caso los resultados son más coherentes pues respecto al caso anterior se mantienen constantes todos los resultados (el comportamiento de la bomba de calor trabajando en modo frío coincide exactamente con el de la máquina solo frío) excepto las emisiones de calefacción, que suben respecto al caso B, pero bajan respecto al caso A. Asumiendo que las emisiones de calefacción del caso B son erróneas, vemos que al usar una BDC para calefacción, en una zona con clima suave, las emisiones de calefacción bajan considerablemente respecto a las del sistema asignado por defecto por CALENER.

D). SISTEMA DE CONDUCTOS CON BDC + RADIADORES

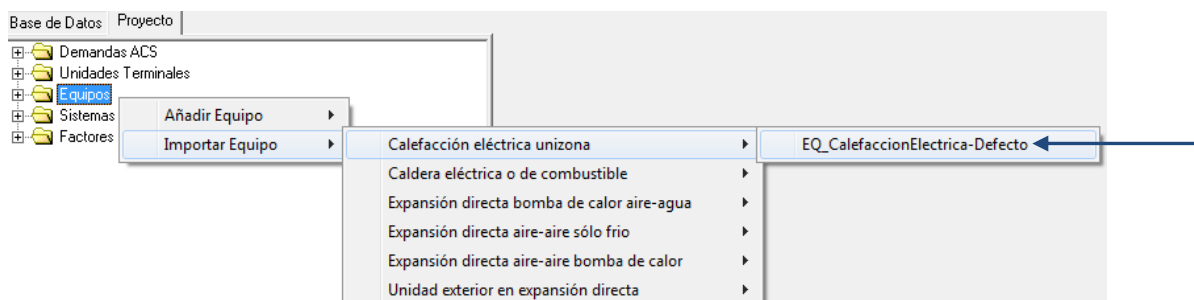
En el caso anterior (caso 3), al emplear un sistema de conductos nos han quedado todos los baños sin sistema de calefacción, ya que no es habitual que en los sistemas de conductos existan salidas de aire en los cuartos de baño. Supondremos ahora que en esos espacios se instalasen radiadores eléctricos y obtendremos la nueva calificación del edificio.

Para definir esos radiadores eléctricos es necesario definir tantos equipos como radiadores vayamos a instalar*.

NOTA * → Si se instalasen varios radiadores en el mismo espacio podrían tratarse como un único equipo cuya potencia fuese la suma de las potencias de todos los equipos instalados. Esta solución es aplicable en general a todas las posibles soluciones, así si se tienen varias rejillas de impulsión de aire en un mismo espacio

se pueden tratar como una rejilla con caudal de impulsión igual a la suma de caudales de todas las rejillas del local.

Teniendo en cuenta la carga térmica de los baños, supondremos que instalamos en cada uno un radiador eléctrico de 400 W de potencia.



Equipo calefacción por efecto Joule

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad nominal: kW

Consumo nominal: kW

Equipo calefacción por efecto Joule

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad nominal: kW

Consumo nominal: kW

Equipo calefacción por efecto Joule

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad nominal: kW

Consumo nominal: kW

Equipo calefacción por efecto Joule

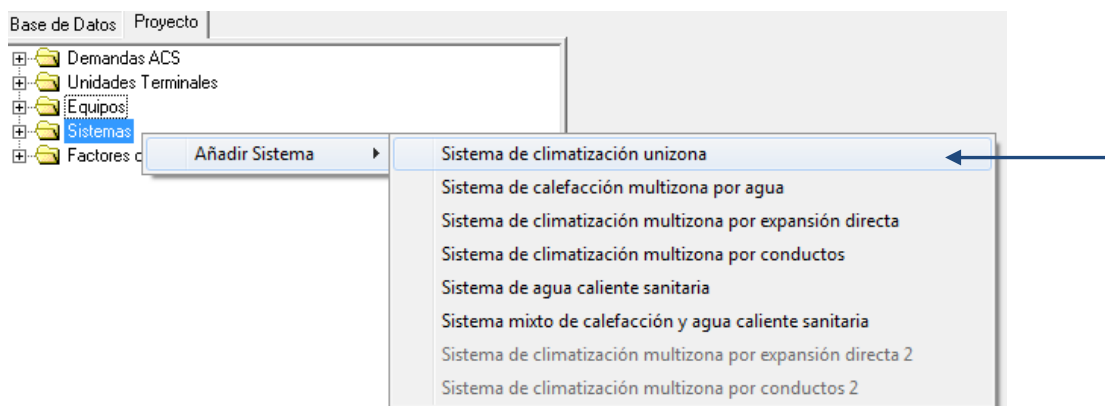
Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Capacidad nominal: kW

Consumo nominal: kW

Y tantos sistemas de climatización unizona como espacios en los que vayamos a instalar los radiadores:



Sistemas de climatizacion unizona

Propiedades Basicas

Nombre: RAD_1

Equipo: RAD_P02_E03

Zona: P02_E03

Sistemas de climatizacion unizona

Propiedades Basicas

Nombre: RAD_2

Equipo: RAD_P03_E03

Zona: P03_E03

Sistemas de climatizacion unizona

Propiedades Basicas

Nombre: RAD_3

Equipo: RAD_P03_E04

Zona: P03_E04

Sistemas de climatizacion unizona

Propiedades Basicas

Nombre: RAD_4

Equipo: RAD_P03_E07

Zona: P03_E07



Cuando introducimos toda la información de los sistemas y calificamos este edificio obtenemos los resultados que se muestran a continuación. En este caso los resultados también parecen razonables, pues todos los valores permanecen iguales a los del caso anterior(C), excepto las emisiones de calefacción que, al haber instalado radiadores eléctricos aumentan ligeramente como cabría esperar.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<5,4 A						
5,4-10,3 B						
10,3-17,3 C						
17,3-27,8 D	24,8 D			26,4 D		
>27,8 E						
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39,3	5030,4	E	61,5	7872,0
Demanda refrigeración	B	10,5	1344,0	B	10,7	1369,6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	15,3	1958,4	E	19,7	2521,6
Emisiones CO ₂ refrigeración	C	4,1	524,8	C	4,1	524,8
Emisiones CO ₂ ACS	E	5,4	691,2	D	2,6	332,8
Emisiones CO ₂ totales			3174,4			3379,2

E). SISTEMA MIXTO DE CALEFACCIÓN + ACS

En este caso partiremos de cero, pues al ser el sistema de ACS distinto (caldera mixta de calefacción y ACS en lugar de termo eléctrico), de los casos anteriores únicamente podemos aprovechar la definición de la demanda de ACS.

En este caso supondremos que solo existe sistema de calefacción. De forma que, a la hora de obtener la calificación del edificio, CALENER nos asignará un sistema de refrigeración por defecto.

Para un sistema de este tipo necesitamos definir, además de la demanda de ACS, las características de la caldera y de las unidades terminales, que en este caso serán unidades terminales de agua caliente (radiadores).

La caldera deberá ser una caldera mixta, capaz de proporcionar tanto ACS como calefacción.



Este tipo de calderas pueden ser instantáneas (producen al ACS en el momento en que se produce la demanda), con acumulación o con micro-acumulación. Estas 2 últimas opciones se emplean principalmente para proporcionar mayor confort durante el consumo de agua caliente pero no aportan mayor rendimiento y lógicamente encarecen el coste de la instalación. Supondremos en nuestro caso que emplearemos una caldera mixta instantánea.

A continuación se presentan tablas de características de calderas y radiadores extraídas de catálogos de fabricantes.

✓ CARACTERISTICAS DE LA CALDERA.

MODELOS	Tipo Producción	Cámara Combustión	Pot. Útil (kW-kcal/h)	Rendimiento Pot. Máx. (%)	Precio Tarifa (€)	Gas
<u>C 25 E</u>	Mixta instantanea	Atmosferica	24,60 (21.150)	91,50	1.276,00	Nat.
<u>C 25 E</u>	Mixta instantanea	Atmosferica	24,60 (21.150)	91,50	1.276,00	But.
<u>C AS 25 E</u>	Solo Calefaccion	Atmosferica	24,60 (21.150)	91,50	1.231,00	Nat.
<u>F 25 E</u>	Mixta instantanea	Estanca	24,60 (21.150)	92,70	1.561,00	Nat.
<u>F 25 E</u>	Mixta instantanea	Estanca	24,60 (21.150)	92,70	1.561,00	But.
<u>F AS 25 E</u>	Solo Calefaccion	Estanca	23,60 (21.150)	92,70	1.467,00	Nat.
<u>F AS 25 E</u>	Solo Calefaccion	Estanca	23,60 (21.150)	92,70	1.467,00	But.
<u>F AS 30</u>	Solo Calefaccion	Estanca	29,60 (25.450)	91,00	1.771,00	Nat.

✓ CARACTERISTICAS DE LOS RADIADORES

Dimensiones y Características Técnicas

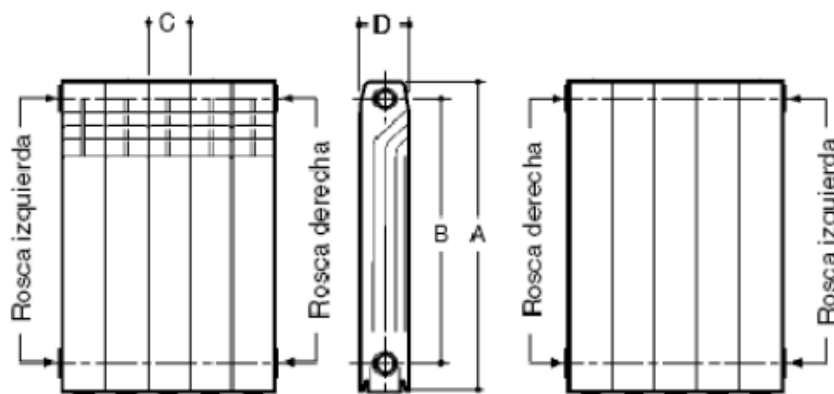
Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h		Exponente "n" de la curva característica	
	A	B	C	D			Frontal	aberturas	Frontal plano	aberturas
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,45	84,9	71,3	86,7	70,5
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	112,8	79,5	108,7	76,2
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	147,7	103,9	142,6	99,0
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	170,9	119,1	165,7	113,7
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	189,9	133,7	184,0	127,9

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ (A título informativo)

(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para $\Delta t = 50^\circ\text{C}$

$\Delta t = (T. \text{media radiador} - T. \text{ambiente})$ en $^\circ\text{C}$

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442



A partir de las características de los radiadores y del cálculo de cargas térmicas seleccionamos el modelo de radiador y el nº de elementos a instalar en cada espacio:

Modelo	P (Kcal/h)	P (W)
DUBAL 30	86.7	100.668333
DUBAL 45	108.7	126.212778
DUBAL 60	142.6	165.574444
DUBAL 70	165.7	192.396111
DUBAL 80	184	231.644444

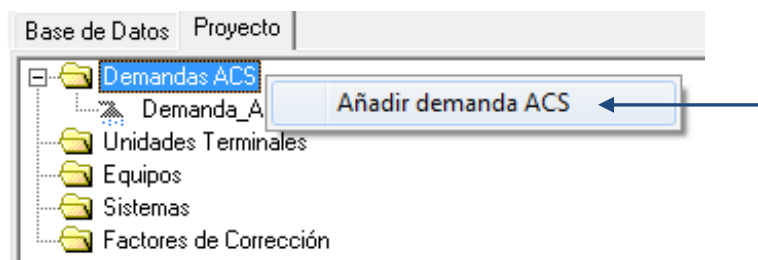
ESPACIO	DENOMINACION	CARGA CALEFACCION (W)	NUMERO DE ELEMENTOS RADIADORES (DUBAL 70)	POTENCIA INSTALADA
P01_E01	Escalera sótano	-	-	-
P01_E02	Sótano	-	-	-

P02_E01	Escalera PB	352	1.82955881	385
P02_E02	Salón	1111	5.77454499	1154
P02_E03	Baño PB	378	1.96469668	385
P02_E04	Dormitorio PB	604	3.13935659	770
P02_E05	Cocina	1052	5.46788599	1154
P03_E01	Escalera P1	341	1.7723851	385
P03_E02	Dormitorio 1	645	3.35245861	770
P03_E03	Baño 1	424	2.20378675	577
P03_E04	Baño 2	373	1.93870862	385
P03_E05	Dormitorio 2	578	3.00421873	577
P03_E06	Dormitorio 3	578	3.00421873	577
P03_E07	Baño 3	373	1.93870862	385
P03_E08	Pasillo	262	1.36177389	385
P04_E01	Bajo Cubierta	-	-	-

Con ello tendremos todos los datos que necesitamos para definir el sistema mixto de calefacción + ACS.

El proceso para este tipo de proyecto será el siguiente:

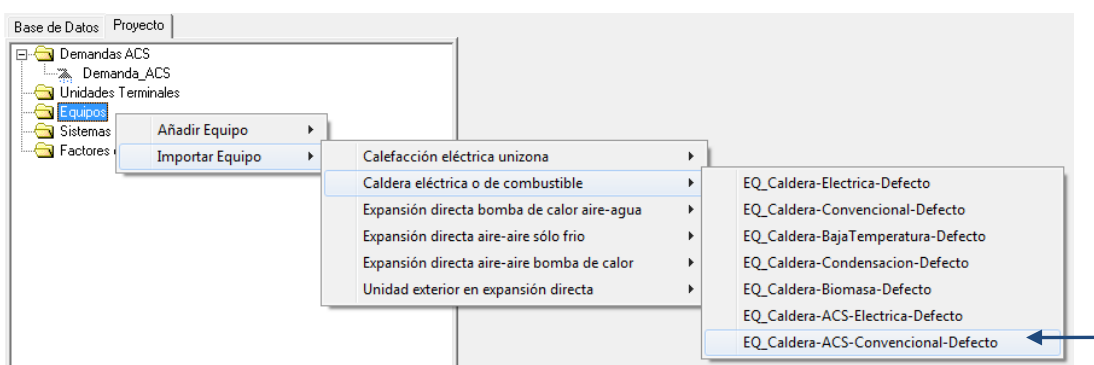
1. Definimos la demanda de ACS:



Demanda de ACS

Nombre	<input type="text" value="Demanda_ACS"/>	
Consumo total diario	<input type="text" value="0,90"/>	l/(m² día)
Área habitable cubierta	<input type="text" value="128,00"/>	m²
Temperatura de utilización	<input type="text" value="60,0"/>	°C
Temperatura del agua de red	<input type="text" value="14,6"/>	°C

2. Introducimos los equipos (en este caso un único equipo, caldera mixta de calefacción + ACS):



Equipo caldera eléctrica o combustible

Nombre:

Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

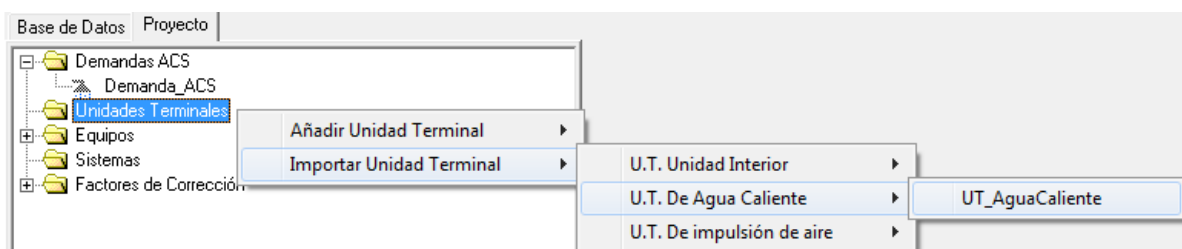
Capacidad Total: kW

Rendimiento nominal:

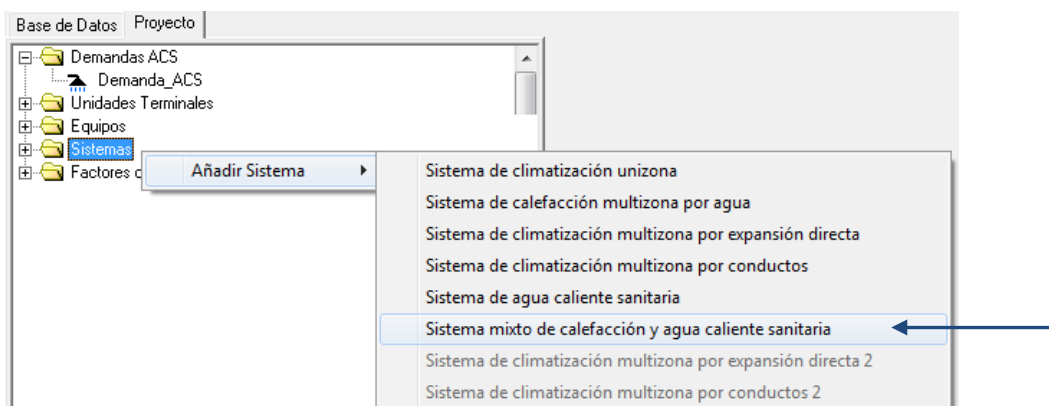
Tipo energía:

Todos ellos datos del fabricante mostrada en las tablas.

- Introducimos las unidades terminales (radiadores; uno para cada espacio climatizado):



- Introducimos el sistema:





En este caso, al introducir el sistema tendremos que tener en cuenta que, al emplear una caldera de gas, la aportación solar mínima será del 60% (tabla 2.1. de la HE4 en lugar de tabla 2.2).

Cuando introducimos toda la información de los sistemas y calificamos este edificio obtenemos los resultados que se muestran a continuación. En este caso los resultados también parecen coherentes. Las demandas permanecen invariables, las emisiones del sistema de refrigeración son elevadas pues corresponden al sistema asignado por defecto en CALENER (coinciden con las del caso A), las emisiones de calefacción se pueden considerar normales (superiores a las obtenidas en el caso D al incluir radiadores eléctricos para climatizar del baños) y las emisiones del sistema de ACS son muy bajas porque tenemos un 60% de aportación solar y el otro 40% lo cubrimos con una caldera de gas en lugar de un termo eléctrico como en todos los casos anteriores.

Gráfico		Resultados					
Certificación Energética de Edificios		Edificio Objeto		Edificio Referencia			
Indicador kgCO2/m²							
<div><div><5.4A</div><div>5.4-10.3B</div><div>10.3-17.3C</div><div>17.3-27.8D</div><div>>27.8E</div><div>F</div><div>G</div></div>		16.1C		27.0D			
		Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción		D	36,6	4684,8	E	57,6	7372,8
Demanda refrigeración		C	15,4	1971,2	C	15,8	2022,4
		Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción		C	8,5	1088,0	E	18,4	2355,2
Emisiones CO2 refrigeración		D	5,9	755,2	D	6,0	768,0
Emisiones CO2 ACS		A	1,7	217,6	D	2,6	332,8
Emisiones CO2 totales				2060,8			3456,0

F) SISTEMA MIXTO DE CALEFACCION + REFRIGERACIÓN UNIZONA

En este caso partiremos del caso anterior y le añadiremos un sistema de refrigeración. Una solución muy habitual consiste en tener un sistema de calefacción por radiadores y un sistema de refrigeración por conductos. Sin embargo CALENER VYP no permite definir dos sistemas multizona que proporcionen climatización a un mismo espacio, por lo que este caso no se puede resolver directamente, aunque tampoco es posible recurrir a CALENER GT, ya que este software es de aplicación en edificios del sector terciario, no para edificios de viviendas.

Para tratar de resolver este problema, vamos a plantear una posible solución, consistente en sustituir el sistema de refrigeración multizona por conductos, por una serie de sistemas de refrigeración unizona equivalentes.

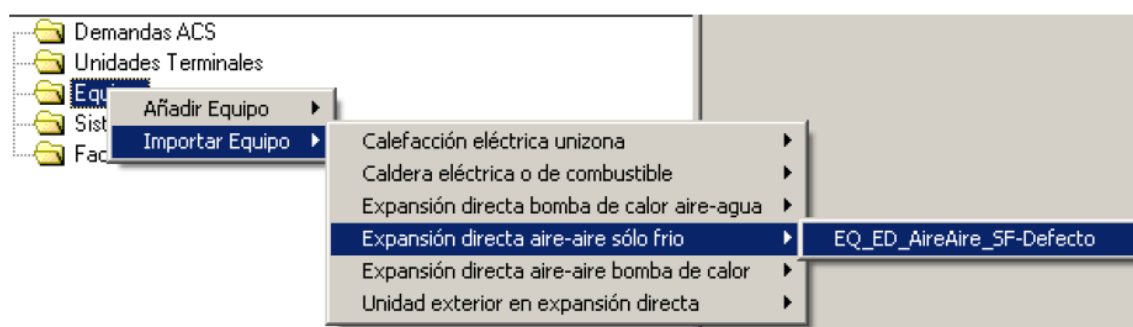
La siguiente tabla muestra los valores adoptados para la potencia total y sensible, consumo eléctrico y caudal impulsado de cada uno de los sistemas unizona:


Conductos PB		Zona	Caudal	Potencia (kW)	Pot. Red.	Sensible (kW)	Sensible Red.	Consumo (kW)	Consumo Red.
Potencia total	3,5	P02_E01	66	0.2458754	0.2	0.1686003	0.17	0.0772751	0.1
Sensible	2,4	P02_E02	375.5	1.3988823	1.4	0.9592336	0.96	0.4396487	0.4
Consumo	1,1	P02_E04	134.5	0.5010644	0.5	0.3435870	0.34	0.1574773	0.2
Caudal m³/h	939,5	P02_E05	363.5	1.3541777	1.4	0.9285790	0.93	0.4255987	0.4
				3.5	3.5	2.4	2.4	1.1	1.1
Conductos P1		Zona	Caudal	Potencia (kW)	Pot. Red.	Sensible (kW)	Sensible Red.	Consumo (kW)	Consumo Red.
Potencia	2,3	P03_E01	53.5	0.2734444	0.3	0.1926	0.19	0.0832222	0.1
Sensible	1,62	P03_E02	121.5	0.621	0.6	0.4374	0.44	0.189	0.2
Consumo	0,7	P03_E05	112.5	0.575	0.6	0.405	0.41	0.175	0.2
Caudal m³/h	450	P03_E06	112	0.5724444	0.6	0.4032	0.4	0.1742222	0.1
		P03_E08	50.5	0.258111	0.2	0.1818	0.18	0.0785555	0.1
				2.3	2.3	1.62	1.62	0.7	0.7

A partir de los datos de potencial total, potencia sensible o consumo del equipo (celdas sombreadas en azul), se calcula la potencia total (sensible y consumo) asignable a cada espacio (celdas sombreadas en color lila) haciendo un “reparto” proporcional al caudal de aire que se introduciría en cada espacio en un sistema de climatización por conductos.

Finalmente hay que tener presente que el programa solo admite 1 decimal para los datos introducidos (excepto para la potencia sensible, que admite 2 decimales), por lo que redondeamos los valores de forma que la suma de potencias sea igual a la del sistema de conductos.

La solución final consistirá por tanto en introducir 9 sistemas de climatización unizona, con los datos obtenidos en la tabla anterior:

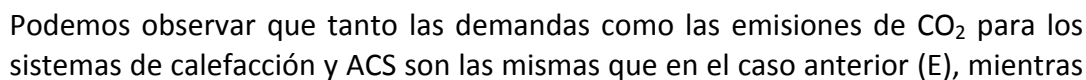




Equipos

- Demandas ACS
- Unidades Terminales
- Equipos**
 - Añadir Equipo
 - Importar Equipo
 - Calefacción eléctrica unizona
 - Caldera eléctrica o de combustible
 - Expansión directa bomba de calor aire-agua
 - Expansión directa aire-aire sólo frío** EQ_ED_AireAire_SF-Defecto
 - Expansión directa aire-aire bomba de calor
 - Unidad exterior en expansión directa
- Sistemas
- Facturación

Cuando introducimos toda la información de los sistemas y calificamos este edificio obtenemos los resultados que se muestran a continuación.





que las emisiones para el sistema de refrigeración son interiores a las del caso E (lógico pues hemos introducido un sistema de refrigeración mejor que el que asigna por defecto el programa). Sin embargo podemos apreciar que las emisiones del sistema de refrigeración no coinciden exactamente con las del caso B, aunque si se pueden considerar bastante parecidas. Ya que las demandas de refrigeración son las mismas para los casos B y F y la suma de potencias de los equipos del caso F coincide con la del caso B, la principal justificación para que las emisiones no sean las mismas se encuentra en el hecho de que el sistema del caso B arranca o para en base a las necesidades de la zona de control, es decir, si en esa zona de control se alcanzan condiciones de confort, el sistema parará aunque el resto de zonas no estén en condiciones de confort e igualmente, si esa zona no alcanza las condiciones de confort, el sistema seguirá en funcionamiento aunque todas las otras zonas se encuentren en condiciones de confort.

En la solución que hemos tratado de definir como equivalente, cada sistema de refrigeración es independiente del resto, de forma que cuando se alcanzan las condiciones de confort en una zona, el sistema que abastece esa zona independientemente de lo que ocurra en otras zonas.

ANEXO 6: CERTIFICADOS DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDOS CON CALENER VYP

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<div> <div><5.4 A</div> <div>5.4-10.3 B</div> <div>10.3-17.3 C</div> <div>17.3-27.8 D</div> <div>>27.8 E</div> <div>F</div> <div>G</div> </div>	14.3 C			27.0 D		
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	D	36,6	4684,8	E	57,6	7372,8
Demanda refrigeración	C	15,4	1971,2	C	15,8	2022,4
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	C	8,5	1088,0	E	18,4	2355,2
Emisiones CO2 refrigeración	C	4,1	524,8	D	6,0	768,0
Emisiones CO2 ACS	A	1,7	217,6	D	2,6	332,8
Emisiones CO2 totales			1830,4			3456,0



VERIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA DE LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA (HE1) DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ESTE PROYECTO, ESTABLECIDA EN EL DOCUMENTO BÁSICO DE HABITABILIDAD Y ENERGÍA DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

Código Técnico de la Edificación



Proyecto:

Fecha: 19/07/2013

Localidad:

Comunidad:



CTE <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small>	HE-1 Opción General		Proyecto
	Localidad	Comunidad	

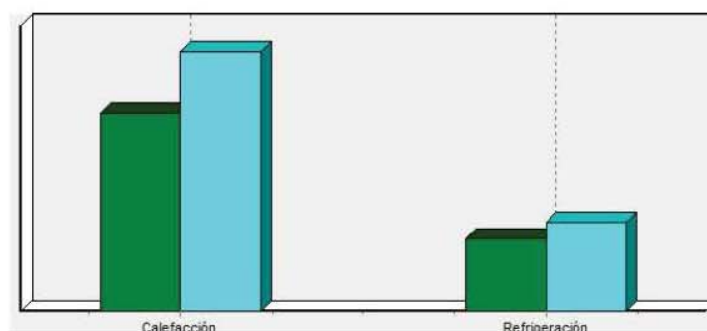
1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto	
Localidad	Comunidad Autónoma
Dirección del Proyecto	
Autor del Proyecto	
Autor de la Calificación	
E-mail de contacto	Teléfono de contacto (null)
Tipo de edificio Unifamiliar	


2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	76,0	80,6
Proporción relativa calefacción refrigeración	73,2	26,8



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

3.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	191,93	3,00
P01_E02	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	7,59	3,00
P02_E02	P02	Residencial	3	7,41	3,00
P02_E04	P02	Residencial	3	4,91	3,00
P02_E03	P02	Residencial	3	13,77	3,00
P02_E05	P02	Residencial	3	13,75	3,00
P02_E06	P02	Residencial	3	29,71	3,00
P02_E07	P02	Residencial	3	7,62	3,00
P02_E08	P02	Residencial	3	21,20	3,00
P02_E01	P02	Residencial	3	19,77	3,00
P02_E09	P02	Residencial	3	24,02	3,00
P03_E03	P03	Residencial	3	7,45	3,00
P03_E04	P03	Residencial	3	14,50	3,00
P03_E01	P03	Residencial	3	24,26	3,00
P03_E02	P03	Residencial	3	11,82	3,00
P04_E01	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	136,99	0,42

3.2. Cerramientos opacos

3.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)	Just.
--------	-------------	--------------	---------------	--------------	-----------------	-------

 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)	Just.
Teja cerámica-porcelana	1,300	2300,00	840,00	-	30	SI
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000	--
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,908	1220,00	1000,00	-	10	--
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6	--
Mortero de cemento o cal para albañilería y	1,300	1900,00	1000,00	-	10	--
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,038	30,00	1000,00	-	20	SI
FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 m	1,640	1660,00	1000,00	-	10	--
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30	--
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2170,00	1000,00	-	10	--
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor <	0,445	1000,00	1000,00	-	10	--
Hormigón amado d > 2500	2,500	2600,00	1000,00	-	80	--

3.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta	1,77	Teja cerámica-porcelana	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,020
		FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado_cubierta	0,69	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_interior	2,58	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015

 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Forjado_interior	2,58	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_sotano	0,70	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
Muro_exterior	0,44	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W[mK]]	0,070
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Muro_terreno	2,66	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,260
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
Solera	3,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,200
Tabique	2,67	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Cubierta_transitable	0,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,010

 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta_transitable	0,57	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,050
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020

3.3. Cerramientos semitransparentes

3.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar	Just.
VER_DB3_4-12-331	1,60	0,70	SI
VER_DB3_4-6-4	2,50	0,70	SI

3.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m²K)	Just.
VER_Normal sin rotura de puente térmico	5,70	—
VER_Madera de densidad media alta	2,20	—
VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm	3,20	—

3.3.3 Huecos

Nombre	Puerta_garaje
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Normal sin rotura de puente térmico
% Hueco	100,00



 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad


Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	60,00
U (W/m ² K)	5,70
Factor solar	0,16
Justificación	SI

Nombre	Puerta_vivienda
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	100,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	60,00
U (W/m ² K)	2,20
Factor solar	0,06
Justificación	SI

Nombre	Ventana_15x15
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	19,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	50,00
U (W/m ² K)	2,63
Factor solar	0,58
Justificación	SI

Nombre	Ventana_1x1
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4




 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	28,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,70
Factor solar	0,53
Justificación	SI

Nombre	Ventana_3x2_2
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	10,91
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,58
Factor solar	0,63
Justificación	SI

Nombre	Puerta_cocina
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	40,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,78
Factor solar	0,46
Justificación	SI



 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

3.4. Puentes Térmicos

En el cálculo de la demanda energética, se han utilizado los siguientes valores de transmitancias térmicas lineales y factores de temperatura superficial de los puentes térmicos.

	Y W/(mK)	FRSI
Encuentro forjado-fachada	0,42	0,72
Encuentro suelo exterior-fachada	0,43	0,71
Encuentro cubierta-fachada	0,43	0,71
Esquina saliente	0,15	0,78
Hueco ventana	0,24	0,63
Esquina entrante	-0,13	0,80
Pilar	0,84	0,59
Unión solera pared exterior	0,13	0,73



CTE <small>CONDICIÓN TÉCNICA DE LA EDIFICACIÓN</small>	HE-1	Proyecto	
	Opción General	Localidad	Comunidad

4. Resultados

4.1. Resultados por espacios

Espacios	Área (m²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P02_E02	7,4	1	71,7	76,8	74,8	92,1
P02_E04	4,9	1	57,9	61,6	84,7	80,4
P02_E03	13,8	1	62,3	69,2	76,4	80,9
P02_E05	13,7	1	75,5	63,6	55,5	90,2
P02_E06	29,7	1	63,4	110,6	100,0	78,3
P02_E07	7,6	1	96,2	72,4	77,9	76,9
P02_E08	21,2	1	64,3	68,0	56,1	104,9
P02_E01	19,8	1	77,2	75,4	69,8	92,8
P02_E09	24,0	1	71,8	81,7	45,1	88,9
P03_E03	7,4	1	95,5	75,6	74,5	73,1
P03_E04	14,5	1	72,4	68,0	74,7	80,3
P03_E01	24,3	1	65,5	76,5	89,7	72,3
P03_E02	11,8	1	100,0	73,5	92,1	63,6



 HE-1 Opción General	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

5. Lista de comprobación

Los parámetros característicos de los siguientes elementos del edificio deben acreditarse en el proyecto

Tipo	Nombre
Material	Teja cerámica-porcelana
	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
	VER_DB3_4-6-4




CALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR CASO 1: GENERACIÓN DE ACS

Calificación Energética




Proyecto:
Fecha: 19/07/2013



 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto	
Localidad	Comunidad Autónoma
Dirección del Proyecto	
Autor del Proyecto	
Autor de la Calificación	
E-mail de contacto	Teléfono de contacto (null)
Tipo de edificio Unifamiliar	

 <p>Calificación Energética</p>	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA


2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m ²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	191,93	3,00
P01_E02	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	7,59	3,00
P02_E02	P02	Residencial	3	7,41	3,00
P02_E04	P02	Residencial	3	4,91	3,00
P02_E03	P02	Residencial	3	13,77	3,00
P02_E05	P02	Residencial	3	13,75	3,00
P02_E06	P02	Residencial	3	29,71	3,00
P02_E07	P02	Residencial	3	7,62	3,00
P02_E08	P02	Residencial	3	21,20	3,00
P02_E01	P02	Residencial	3	19,77	3,00
P02_E09	P02	Residencial	3	24,02	3,00
P03_E03	P03	Residencial	3	7,45	3,00
P03_E04	P03	Residencial	3	14,50	3,00
P03_E01	P03	Residencial	3	24,26	3,00
P03_E02	P03	Residencial	3	11,82	3,00
P04_E01	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	136,99	0,42

2.2. Cerramientos opacos

2.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m ³)	Cp (J/kgK)	R (m ² K/W)	Z (m ² sPa/kg)
--------	-------------	---------------------------	---------------	---------------------------	------------------------------


 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
Teja cerámica-porcelana	1,300	2300,00	840,00	-	30
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,908	1220,00	1000,00	-	10
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6
Mortero de cemento o cal para albañilería y	1,300	1900,00	1000,00	-	10
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,038	30,00	1000,00	-	20
FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 m	1,640	1660,00	1000,00	-	10
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2170,00	1000,00	-	10
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor <	0,445	1000,00	1000,00	-	10
Hormigón armado d > 2500	2,500	2600,00	1000,00	-	80

2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta	1,77	Teja cerámica-porcelana	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,020
		FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado_cubierta	0,69	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_interior	2,58	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015



 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Forjado_interior	2,58	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_sotano	0,70	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
Muro_exterior	0,44	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,070
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Muro_terreno	2,66	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,260
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
Solera	3,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,200
Tabique	2,67	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Cubierta_transitable	0,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,010



 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta_transitable	0,57	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,050
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020

2.3. Cerramientos semitransparentes

2.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
VER_DB3_4-12-331	1,60	0,70
VER_DB3_4-6-4	2,50	0,70

2.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m²K)
VER_Normal sin rotura de puente térmico	5,70
VER_Madera de densidad media alta	2,20
VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm	3,20

2.3.3 Huecos

Nombre	Puerta_garaje
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Normal sin rotura de puente térmico
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00

Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

U (W/m²K)	5,70
Factor solar	0,16

Nombre	Puerta_vivienda
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,20
Factor solar	0,06

Nombre	Ventana_15x15
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	19,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,63
Factor solar	0,58

Nombre	Ventana_1x1
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	28,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,70



 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad


3. Sistemas

Nombre	calentador acs
Tipo	agua caliente sanitaria
Nombre Equipo	EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto
Tipo Equipo	Caldera eléctrica o de combustible
Nombre demanda ACS	acs
Nombre equipo acumulador	acumulador
Porcentaje abastecido con energia solar	70,00
Temperatura impulsión (°C)	60,0
Multiplicador	1

4. Equipos

Nombre	EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto
Tipo	Caldera eléctrica o de combustible
Capacidad nominal (kW)	10,00
Rendimiento nominal	1,00
Capacidad en función de la temperatura de impulsión	cap_T-EQ_Caldera-unidad
Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión	ren_T-EQ_Caldera-unidad
Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia	ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-unidad
Rendimiento en función de la carga	ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto



 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad


parcial en términos de tiempo	
Tipo energía	Electricidad

Nombre	acumulador
Tipo	Acumulador Agua Caliente
Volumen del depósito (L)	100,00
Coefficiente de pérdidas global del depósito, UA	1,00
Temperatura de consigna baja del depósito (°C)	60,00
Temperatura de consigna alta del depósito (°C)	80,00

5. Justificación

5.1. Contribución solar

Nombre	Contribución Solar	Contribución Solar Mínima HE-4
calentador acs	70,0	60,0

 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

6. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<div><5.1 A</div> <div>5.1-9.8 B</div> <div>9.8-16.5 C</div> <div>16.5-26.5 D</div> <div>>26.5 E</div> <div>F</div> <div>G</div>	25.5 D			26.2 D		
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39,8	7967,9	E	52,3	10470,4
Demanda refrigeración	C	14,6	2922,9	D	18,1	3623,6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	15,2	3043,0	E	16,7	3343,3
Emisiones CO ₂ refrigeración	D	5,6	1121,1	E	6,9	1381,4
Emisiones CO ₂ ACS	E	4,7	940,9	D	2,6	520,5
Emisiones CO ₂ totales			5105,1			5245,2

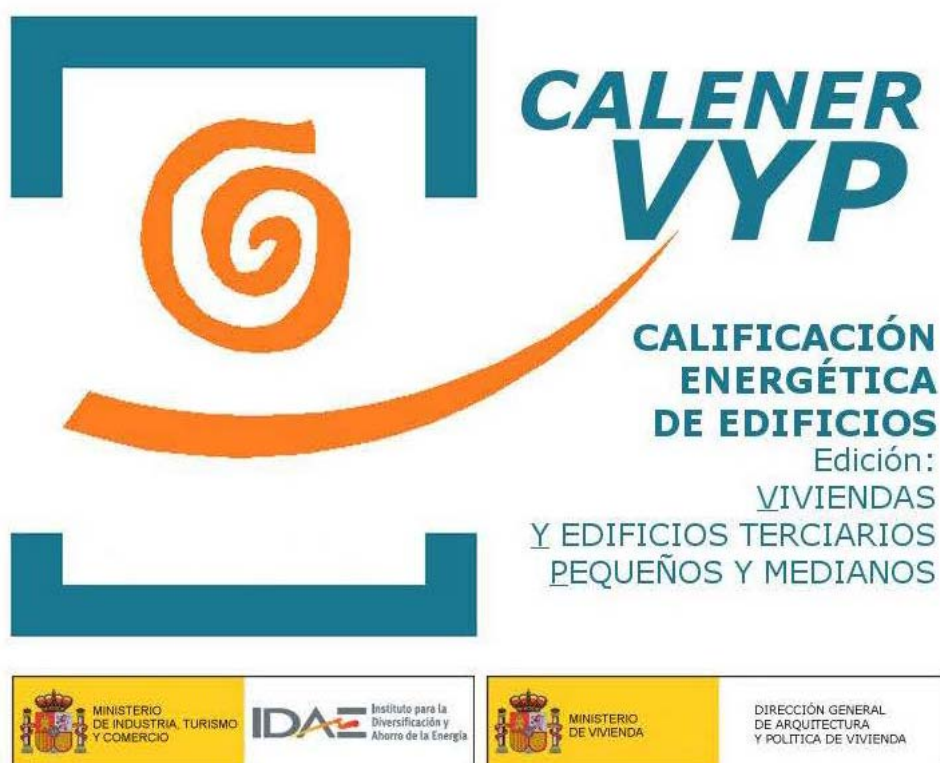
Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	68,8	13781,5	93,0	18612,8
Consumo energía primaria (kWh)	98,5	19718,1	115,0	23015,3
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	25,5	5105,1	26,2	5245,2



CALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR CASO 2: SISTEMA MIXTO DE CALEFACCIÓN Y ACS GENERACIÓN DE ACS


Calificación Energética



Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR


Fecha: 02/03/2013



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
Localidad LORCA	Comunidad Autónoma MURCIA
Dirección del Proyecto C/ CAMELIAS	
Autor del Proyecto CRISTOBAL JOSE GINER MORA	
Autor de la Calificación UPCT	
E-mail de contacto cristof008@hotmail.com	Teléfono de contacto 616010871
Tipo de edificio Unifamiliar	

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA


2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	191,93	3,00
P01_E02	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	7,59	3,00
P02_E02	P02	Residencial	3	7,41	3,00
P02_E04	P02	Residencial	3	4,91	3,00
P02_E03	P02	Residencial	3	13,77	3,00
P02_E05	P02	Residencial	3	13,75	3,00
P02_E06	P02	Residencial	3	29,71	3,00
P02_E07	P02	Residencial	3	7,62	3,00
P02_E08	P02	Residencial	3	21,20	3,00
P02_E01	P02	Residencial	3	19,77	3,00
P02_E09	P02	Residencial	3	24,02	3,00
P03_E03	P03	Residencial	3	7,45	3,00
P03_E04	P03	Residencial	3	14,50	3,00
P03_E01	P03	Residencial	3	24,26	3,00
P03_E02	P03	Residencial	3	11,82	3,00
P04_E01	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	136,99	0,42

2.2. Cerramientos opacos

2.2.1 Materiales


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
--------	----------	-----------	------------	-----------	--------------

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
Teja cerámica-porcelana	1,300	2300,00	840,00	-	30
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,908	1220,00	1000,00	-	10
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6
Mortero de cemento o cal para albañilería y	1,300	1900,00	1000,00	-	10
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,038	30,00	1000,00	-	20
FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 m	1,640	1660,00	1000,00	-	10
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2170,00	1000,00	-	10
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor <	0,445	1000,00	1000,00	-	10
Hormigón armado d > 2500	2,500	2600,00	1000,00	-	80

2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta	1,77	Teja cerámica-porcelana	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,020
		FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado_cubierta	0,69	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_interior	2,58	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Forjado_interior	2,58	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_sotano	0,70	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
Muro_exterior	0,44	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,070
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Muro_terreno	2,66	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,260
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
Solera	3,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,200
Tabique	2,67	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Cubierta_transitable	0,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,010

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Forjado_interior	2,58	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_sotano	0,70	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
Muro_exterior	0,44	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm< G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,070
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Muro_terreno	2,66	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,260
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
Solera	3,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,200
Tabique	2,67	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Cubierta_transitable	0,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,010

Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA


U (W/m²K)	5,70
Factor solar	0,16

Nombre	Puerta_vivienda
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,20
Factor solar	0,06

Nombre	Ventana_15x15
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	19,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,63
Factor solar	0,58

Nombre	Ventana_1x1
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	28,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,70



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA


U (W/m²K)	5,70
Factor solar	0,16

Nombre	Puerta_vivienda
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,20
Factor solar	0,06

Nombre	Ventana_15x15
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	19,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,63
Factor solar	0,58

Nombre	Ventana_1x1
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	28,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,70




 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Factor solar	0,53
--------------	------

Nombre	Ventana_3x2_2
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	10,91
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,58
Factor solar	0,63

Nombre	Puerta_cocina
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	40,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,78
Factor solar	0,46




 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

3. Sistemas

Nombre	SISTEMA
Tipo	Sistema mixto
Nombre Equipo	CALDERA
Tipo Equipo	Caldera eléctrica o de combustible
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E01
Zona asociada	P02_E01
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E03
Zona asociada	P02_E03
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E05
Zona asociada	P02_E05
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E06
Zona asociada	P02_E06
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E08
Zona asociada	P02_E08
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E09
Zona asociada	P02_E09
Nombre unidad terminal	RAD_P03_E01
Zona asociada	P03_E01
Nombre unidad terminal	RAD_P03_E02
Zona asociada	P03_E02
Nombre unidad terminal	RAD_P03_E04
Zona asociada	P03_E04



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Coefficiente de pérdidas global del depósito, UA	1,00
Temperatura de consigna baja del depósito (°C)	60,00
Temperatura de consigna alta del depósito (°C)	80,00

5. Unidades terminales


Nombre	RAD_P02_E09
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E09
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,80

Nombre	RAD_P02_E08
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E08
Capacidad o potencia máxima (kW)	3,60

Nombre	RAD_P02_E06
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E06
Capacidad o potencia máxima (kW)	4,00

Nombre	RAD_P02_E05
---------------	-------------



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E05
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Nombre	RAD_P02_E03
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E03
Capacidad o potencia máxima (kW)	1,20


Nombre	RAD_P02_E01
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E01
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,40

Nombre	RAD_P03_E01
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E01
Capacidad o potencia máxima (kW)	4,40

Nombre	RAD_P03_E02
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E02
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,80

Nombre	RAD_P03_E04
---------------	-------------




 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E04
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

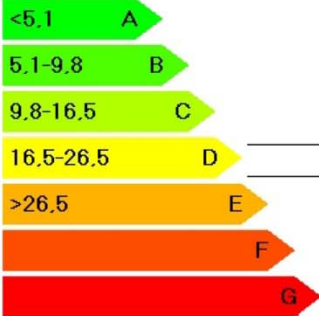
6. Justificación

6.1. Contribución solar

Nombre	Contribución Solar	Contribución Solar Mínima HE-4
SISTEMA	70,0	60,0

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

7. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
	18,2 D			26,2 D		
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39,8	7967,9	E	52,3	10470,4
Demanda refrigeración	C	14,6	2922,9	D	18,1	3623,6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	10,9	2182,2	E	16,7	3343,3
Emisiones CO ₂ refrigeración	D	5,6	1121,1	E	6,9	1381,4
Emisiones CO ₂ ACS	A	1,7	340,3	D	2,6	520,5
Emisiones CO ₂ totales			3643,6			5245,2

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	67,1	13431,4	93,0	18612,8
Consumo energía primaria (kWh)	82,2	16453,0	115,0	23015,3
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	18,2	3643,6	26,2	5245,2



CALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR CASO 3: SISTEMA MIXTO CON BOMBA GEOTÉRMICA DE CALEFACCIÓN Y GENERACIÓN DE ACS


Calificación Energética



Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR

Fecha: 23/07/2013



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
Localidad LORCA	Comunidad Autónoma MURCIA
Dirección del Proyecto C/ CAMELIAS	
Autor del Proyecto CRISTOBAL JOSE GINER MORA	
Autor de la Calificación UPCT	
E-mail de contacto cristof008@hotmail.com	Teléfono de contacto 616010871
Tipo de edificio Unifamiliar	

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA


2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrimetria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	191,93	3,00
P01_E02	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	7,59	3,00
P02_E02	P02	Residencial	3	7,41	3,00
P02_E04	P02	Residencial	3	4,91	3,00
P02_E03	P02	Residencial	3	13,77	3,00
P02_E05	P02	Residencial	3	13,75	3,00
P02_E06	P02	Residencial	3	29,71	3,00
P02_E07	P02	Residencial	3	7,62	3,00
P02_E08	P02	Residencial	3	21,20	3,00
P02_E01	P02	Residencial	3	19,77	3,00
P02_E09	P02	Residencial	3	24,02	3,00
P03_E03	P03	Residencial	3	7,45	3,00
P03_E04	P03	Residencial	3	14,50	3,00
P03_E01	P03	Residencial	3	24,26	3,00
P03_E02	P03	Residencial	3	11,82	3,00
P04_E01	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	136,99	0,42

2.2. Cerramientos opacos

2.2.1 Materiales


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
--------	----------	-----------	------------	-----------	--------------

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
Teja cerámica-porcelana	1,300	2300,00	840,00	-	30
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,908	1220,00	1000,00	-	10
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6
Mortero de cemento o cal para albañilería y	1,300	1900,00	1000,00	-	10
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,038	30,00	1000,00	-	20
FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 m	1,640	1660,00	1000,00	-	10
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2170,00	1000,00	-	10
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor <	0,445	1000,00	1000,00	-	10
Hormigón armado d > 2500	2,500	2600,00	1000,00	-	80

2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta	1,77	Teja cerámica-porcelana	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,020
		FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010
Forjado_cubierta	0,69	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_interior	2,58	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Forjado_interior	2,58	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Forjado_sotano	0,70	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
Muro_exterior	0,44	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,070
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Muro_terreno	2,66	Betún fieltro o lámina	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,260
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
Solera	3,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Hormigón armado d > 2500	0,200
Tabique	2,67	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
Cubierta_transitable	0,57	Plaqueta o baldosa cerámica	0,015
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,010

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta_transitable	0,57	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,050
		FR FR Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020

2.3. Cerramientos semitransparentes

2.3.1 Vidrios


Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
VER_DB3_4-12-331	1,60	0,70
VER_DB3_4-6-4	2,50	0,70

2.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m²K)
VER_Normal sin rotura de puente térmico	5,70
VER_Madera de densidad media alta	2,20
VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm	3,20

2.3.3 Huecos

Nombre	Puerta_garaje
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Normal sin rotura de puente térmico
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA


U (W/m²K)	5,70
Factor solar	0,16

Nombre	Puerta_vivienda
Acristalamiento	VER_DB3_4-12-331
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,20
Factor solar	0,06

Nombre	Ventana_15x15
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	19,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,63
Factor solar	0,58

Nombre	Ventana_1x1
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	28,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,70




 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Factor solar	0,53
--------------	------

Nombre	Ventana_3x2_2
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	10,91
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50,00
U (W/m²K)	2,58
Factor solar	0,63


Nombre	Puerta_cocina
Acristalamiento	VER_DB3_4-6-4
Marco	VER_Con rotura de puente térmico mayor de 12 mm
% Hueco	40,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,78
Factor solar	0,46



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

3. Sistemas

Nombre	SISTEMA
Tipo	Sistema mixto
Nombre Equipo	BDC
Tipo Equipo	Bomba de calor geotérmica eléctrica
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E01
Zona asociada	P02_E01
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E03
Zona asociada	P02_E03
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E05
Zona asociada	P02_E05
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E06
Zona asociada	P02_E06
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E08
Zona asociada	P02_E08
Nombre unidad terminal	RAD_P02_E09
Zona asociada	P02_E09
Nombre unidad terminal	RAD_P03_E01
Zona asociada	P03_E01
Nombre unidad terminal	RAD_P03_E02
Zona asociada	P03_E02
Nombre unidad terminal	RAD_P03_E04
Zona asociada	P03_E04

 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA


Nombre demanda ACS	Demanda_ACS
Nombre equipo acumulador	ACUMULADOR
Porcentaje abastecido con energia solar	70,00
Temperatura impulsión del ACS (°C)	60,0
Temp. impulsión de la calefacción(°C)	80,0

4. Equipos

Nombre	BOMBA_GEOTERMICA
Tipo	Rendimiento Constante
Capacidad nominal (kW)	5.8
Rendimiento nominal	0.98
Capacidad en función de la temperatura de impulsión	cap_EQ_ED_AguaAgua_BDC
Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión	ren_T-EQ_ED_AguaAgua_BDC-unidad
Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia	ren_Potencia-EQ_ED_BDC-unidad
Rendimiento en función de la carga parcial en términos de tiempo	ren_Tiempo-EQ_BDC-ACS-Defecto
Tipo energía	Electricidad

Nombre	ACUMULADOR
Tipo	Acumulador Agua Caliente
Volumen del depósito (L)	100,00



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Coeficiente de pérdidas global del depósito, UA	1,00
Temperatura de consigna baja del depósito (°C)	60,00
Temperatura de consigna alta del depósito (°C)	80,00

5. Unidades terminales


Nombre	RAD_P02_E09
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E09
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,80

Nombre	RAD_P02_E08
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E08
Capacidad o potencia máxima (kW)	3,60

Nombre	RAD_P02_E06
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E06
Capacidad o potencia máxima (kW)	4,00

Nombre	RAD_P02_E05
--------	-------------



 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E05
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

Nombre	RAD_P02_E03
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E03
Capacidad o potencia máxima (kW)	1,20

Nombre	RAD_P02_E01
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P02_E01
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,40

Nombre	RAD_P03_E01
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E01
Capacidad o potencia máxima (kW)	4,40

Nombre	RAD_P03_E02
Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E02
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,80

Nombre	RAD_P03_E04
--------	-------------

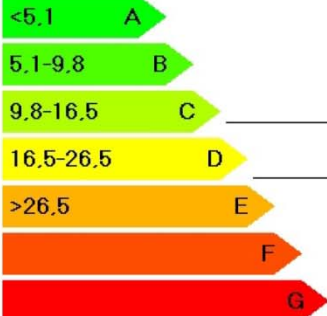


 Calificación Energética	Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Localidad LORCA	Comunidad MURCIA

Tipo	U.T. De Agua Caliente
Zona abastecida	P03_E04
Capacidad o potencia máxima (kW)	2,00

 Calificación Energética	Proyecto	
	Localidad	Comunidad

6. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
	15,1 C			26,2 D		
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	39,8	7967,9	E	52,3	10470,4
Demanda refrigeración	C	14,6	2922,9	D	18,1	3623,6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	B	5,1	1021,0	E	16,7	3343,3
Emisiones CO ₂ refrigeración	D	5,5	1101,1	E	6,9	1381,4
Emisiones CO ₂ ACS	E	4,5	900,9	D	2,6	520,5
Emisiones CO ₂ totales			3023,0			5245,2

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	34,9	6984,2	93,0	18612,8
Consumo energía primaria (kWh)	61,2	12248,7	115,0	23015,3
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	15,1	3023,0	26,2	5245,2



Universidad
Politécnica
de Cartagena

